



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO

ESCUELA DE POSGRADO

**MAESTRÍA EN INGENIERÍA CIVIL MENCIÓN RECURSOS
HIDRICOS Y MEDIO AMBIENTE**

TESIS

**EFFECTO DEL RIEGO POR GOTEO AUTOCOMPENSADO EN
LA PRODUCCIÓN DE PALTO (*Persea americana*), VARIEDADES
HASS Y FUERTE EN EL FUNDO VERDE, DISTRITO DE
MARANURA, PROVINCIA DE LA CONVENCION - 2021**

**PARA OPTAR AL GRADO ACADÉMICO DE MAESTRO EN
INGENIERIA CIVIL MENCIÓN RECURSOS HIDRICOS Y MEDIO
AMBIENTE**

AUTOR:

Br. MICHAEL MAMANI QUISPE

ASESOR:

Dr. CARLOS JESÚS BACA GARCÍA

ORCID: 0000-0002-8284-0614

CUSCO – PERÚ

2025



Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco

INFORME DE SIMILITUD

(Aprobado por Resolución Nro.CU-321-2025-UNSAAC)

El que suscribe, el **Asesor** Dr. CARLOS JESÚS BACA GARCÍA, quien aplica el software de detección de similitud a la tesis titulada: **EFFECTO DEL RIEGO POR GOTEO AUTOCOMPENSADO EN LA PRODUCCIÓN DE PALTO (*Persea americana*), VARIEDADES HASS Y FUERTE EN EL FUNDO VERDE, DISTRITO DE MARANURA, PROVINCIA DE LA CONVENCIÓN - 2021.**

Presentado por el **BACHILLER; MICHAEL MAMANI QUISPE**, DNI N° 46259341, Para optar al GRADO ACADÉMICO DE MAESTRO EN INGENIERIA CIVIL MENCIÓN RECURSOS HIDRICOS Y MEDIO AMBIENTE. Informo que el trabajo de investigación ha sido sometido a revisión por 2 veces, mediante el Software de Similitud, conforme al Art. 6° del **Reglamento para Uso del Sistema Detección de Similitud en la UNSAAC** y de la evaluación de originalidad se tiene un porcentaje de 3 %.

Evaluación y acciones del reporte de coincidencia para trabajos de investigación conducentes a grado académico o título profesional, tesis

Porcentaje	Evaluación y Acciones	Marque con una (X)
Del 1 al 10%	No sobrepasa el porcentaje aceptado de similitud.	X
Del 11 al 30 %	Devolver al usuario para las subsanaciones.	
Mayor a 31%	El responsable de la revisión del documento emite un informe al inmediato jerárquico, conforme al reglamento, quien a su vez eleva el informe al Vicerrectorado de Investigación para que tome las acciones correspondientes; Sin perjuicio de las sanciones administrativas que correspondan de acuerdo a Ley.	

Por tanto, en mi condición de Asesor, firmo el presente informe en señal de conformidad y **adjunto** las primeras páginas del reporte del Sistema de Detección de Similitud.

Cusco, 26 de junio de 2026



Firma

Post firma: **CARLOS JESUS BACA GARCIA**

Nro. de DNI. **23952035**

ORCID del Asesor: **0000-0002-8284-0614**

Se adjunta:

1. Reporte generado por el Sistema Antiplagio.
2. Enlace del Reporte Generado por el Sistema de Detección de Similitud: **oid:27259:602864736**

MICHAEL MAMANI QUISPE

1. EFECTO DEL RIEGO POR GOTEO AUTOCOMPENSADO EN LA PRODUCCIÓN DE PALTO (Persea americana), VARIEDADES H...

 Universidad Nacional San Antonio Abad del Cusco

Detalles del documento

Identificador de la entrega

trn:oid:::27259:602864736

256 páginas

Fecha de entrega

26 jun 2026, 12:19 p.m. GMT-5

34.501 palabras

Fecha de descarga

26 jun 2026, 12:26 p.m. GMT-5

193.874 caracteres

Nombre del archivo

1. EFECTO DEL RIEGO POR GOTEO AUTOCOMPENSADO EN LA PRODUCCIÓN DE PALTO (Persea am....pdf

Tamaño del archivo

32.7 MB

3% Similitud general

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para ca...

Filtrado desde el informe

- Coincidencias menores (menos de 20 palabras)

Fuentes principales

- 3%  Fuentes de Internet
- 0%  Publicaciones
- 2%  Trabajos entregados (trabajos del estudiante)

Marcas de integridad

N.º de alertas de integridad para revisión

Los algoritmos de nuestro sistema analizan un documento en profundidad para buscar inconsistencias que permitirían distinguirlo de una entrega normal. Si advertimos algo extraño, lo marcamos como una alerta para que pueda revisarlo.

Una marca de alerta no es necesariamente un indicador de problemas. Sin embargo, recomendamos que preste atención y la revise.



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO
ESCUELA DE POSGRADO

INFORME DE LEVANTAMIENTO DE OBSERVACIONES A TESIS

Dr. LEONCIO SOLIS QUISPE, Director de la Escuela de Posgrado, nos dirigimos a usted en condición de integrantes del jurado evaluador de la tesis intitulada **EFFECTO DEL RIEGO POR GOTEO AUTOCOMPENSADO EN LA PRODUCCION DE PALTO (Persea americana), VARIEDADES HASS Y FUERTE EN EL FUNDO VERDE, DISTRITO DE MARANURA, PROVINCIA DE LA CONVENCIÓN – 2021**, del Br. MICHAEL MAMANI QUISPE. Hacemos de su conocimiento que el sustentante ha cumplido con el levantamiento de las observaciones realizadas por el Jurado el día VEINTICUATRO DE SETIEMBRE DE 2025.

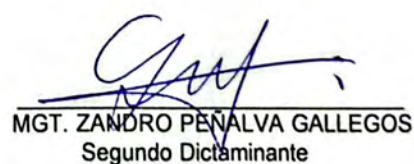
Es todo cuanto informamos a usted fin de que se prosiga con los trámites para el otorgamiento del grado académico de MAESTRO EN INGENIERÍA CIVIL MENCIÓN RECURSOS HÍDRICOS Y MEDIO AMBIENTE.

Cusco, 12 de Junio 2026


DR. EDWIN ASTETE SAMANEZ
Primer Replicante


MGT. NILTON MARIANO MONTOYA JARA
Segundo Replicante


MGT. GORKI FEDERICO ASCUE SALAS
Primer Dictaminante


MGT. ZANDRO PENALVA GALLEGOS
Segundo Dictaminante

AGRADECIMIENTOS

A Dios Padre celestial por brindarme la oportunidad de dar un escalón más en mi vida profesional, por darme fuerza, paciencia y valor para culminar la tesis y afrontar la vida.

A mi alma mater, Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco, y a la escuela de Posgrado, Maestría en Ingeniería Civil, especialización en Recursos Hídricos y Medio Ambiente, como también a la facultad de Ciencias Agrarias, escuela profesional de Agronomía por acogerme en las aulas durante mi vida profesional.

Al director de la ZONAL DEL SERVICIO NACIONAL DE METEOROLOGIA E HIDROLOGIA DEL PERÚ – SENAMHI, por facilitarme tan importante información, ya que por el costo de la data muchos abandonan sus investigaciones, mi total agradecimiento lo cual sirvió para la generación del presente estudio.

A mi asesor Dr. Ing. Carlos Jesús Baca García, quien con su conocimiento y motivación supo orientarme en la redacción del estudio.

A mis dictaminantes; Mgt. Gorki Federico Ascue Salas y Mgt. Zandro Penalva Gallegos, por el tiempo y dedicación, quienes con sus observaciones y conocimientos supe afinar y enriquecer la presente tesis.

A mis docentes que partieron de esta vida, Ing. Venancio Guevara Carazas, Ing. Boris Aparicio flores, quienes fueron parte de mi formación profesional y a la totalidad de maestros de mi escuela profesional de agronomía.

DEDICATORIA

Mi dedicación a Dios padre, por orientarme por el buen camino, brindarme fuerzas cuando quise desmayar. Y por la dicha que me da, de vivir todos los días a lado de todos mis seres queridos.

A mis padres Augusto F. Mamani Yana, Juana A. Quispe Mamani, quienes cada día enriquecen mis actuaciones, con la paciencia que me tienen en todos esos momentos, en los que parezco estar ausente

A la memoria de mi hermano Rolando Mamani Quispe, quien fue un hombre que utilizo su fuerza para construir, jamás edifico sus victorias sobre la destrucción. Quien fue un ser que supero las externas obligaciones con su habilidad interna de brindar una respuesta de forma ética a cada una de sus acciones, quien inspiro a la plenitud para ser idealista, optimista, soñador, ético, incansable luchador en la vida.

Y, a mi hermosa familia y, sobre todo; a mi hijo Maykol Joao Mamani Bellido, quien hizo de mí, una nueva persona.

RESUMEN

La investigación confirma que el riego incrementa significativamente la producción agrícola, lo que resalta la importancia de calcular la demanda hídrica en cultivos tropicales como el palto. Por ello, el objetivo principal fue; Analizar el efecto del riego por goteo Autocompensado en la producción de palto (persea americana), variedades hass y fuerte en el Fundo Verde, Distrito de Maranura, Provincia de la Convención – 2021.

La investigación es de nivel descriptivo, pues busca identificar los factores causales que inciden en el fenómeno estudiado.

Los resultados demuestran que, mientras el sistema convencional requiere un consumo específico de 345.77 L/kg, la implementación del modelo tecnificado mediante goteo Autocompensado optimiza el desempeño hídrico a solo 96.05 L/kg para un rendimiento estandarizado de 13,000 kg/ha. El diseño agronómico determinó una Necesidad Bruta de Riego de 1.06 mm/día, la cual se satisface mediante un régimen de frecuencia diaria. Los parámetros operativos establecieron un tiempo de riego por día de 0.72 horas (equivalente 43 minutos), empleando emisores Autocompensado con un caudal nominal de 29.5 L/h. El sistema de riego obtuvo coeficiente de uniformidad de distribución (CUC) del 92.97%, considerado excelente. Adicionalmente el desarrollo fenotípico y productivo del palto. Se registraron dimensiones foliares promedio de 10x16 cm y frutos con 14 cm de altura, idóneos para el mercado de exportación. A nivel productivo, se obtuvieron 8,000 kg en 0.50 ha, respaldando con seguridad el rendimiento proyectado de 13,000 kg/ha. Estos resultados evidencian una eficiente conversión hídrica en biomasa frutal, garantizando la viabilidad técnica y comercial en Maranura.

Palabras clave: *Demanda hídrica, Producción de palto, Riego por goteo, Diseño agronómico, Coeficiente uniformidad de cristiansen.*

ABSTRACT

The research confirms that irrigation significantly increases agricultural production, highlighting the importance of calculating water demand in tropical crops such as avocado. Therefore, the main objective was to analyze the effect of pressure-compensating drip irrigation on avocado (*Persea americana*) production, specifically the Hass and Fuerte varieties, at Fundo Verde, Maranura District, La Convención Province – 2021. The research is descriptive in nature, as it seeks to identify the causal factors influencing the studied phenomenon. The results demonstrate that, while the conventional system requires a specific consumption of 345.77 L/kg, the implementation of the advanced model using pressure-compensating drip irrigation optimizes water use to only 96.05 L/kg for a standardized yield of 13,000 kg/ha. The agronomic design determined a Gross Irrigation Requirement of 1.06 mm/day, which is met through a daily irrigation schedule. The operating parameters established an irrigation time of 0.72 hours per day (equivalent to 43 minutes), using pressure-compensating emitters with a nominal flow rate of 29.5 L/h. The irrigation system achieved a distribution uniformity coefficient (CUC) of 92.97%, considered excellent. Additionally, the phenotypic and productive development of the avocado trees was observed. Average leaf dimensions of 10 x 16 cm and fruit heights of 14 cm were recorded, ideal for the export market. In terms of production, 8,000 kg were obtained on 0.50 ha, reliably supporting the projected yield of 13,000 kg/ha. These results demonstrate efficient water conversion into fruit biomass, guaranteeing the technical and commercial viability of the project in Maranura.

Keywords: Water demand, Avocado production, Drip irrigation, Agronomic design, Christiansen uniformity coefficient.

ÍNDICE GENERAL

AGRADECIMIENTOS	II
DEDICATORIA.....	III
LISTA DE FIGURAS	XIII
I. PLANTEAMIENTO DE PROBLEMA	3
1.1 Situación problemática.....	3
1.2 Formulación de problema	7
a) General.....	7
b) Específicos	7
1.3 Justificación de la investigación	7
1.4 Objetivos de estudio	11
a) Objetivo general.	11
b) Objetivos específicos.....	11
II. MARCO TEÓRICO CONCEPTUAL	12
2.1. Riego.....	12
2.1.1 Relaciones agua-planta	13
2.2 El suelo	13
2.2.1 Infiltración de agua en el suelo	14
2.2.2 Determinación de velocidad de infiltración.....	14
2.2.3 Método de Infiltrometro de doble anillo concéntrico.....	14
2.3 Sistemas de riego	16
2.3.1 Riego localizado por goteo	17
2.3.2 Sistemas y métodos de riego.....	18
2.3.3 Emisores o goteros.....	18
2.4 Evaporación.	20
2.4.1 Transpiración.	20
2.4.2 Eficiencia de riego.	21
2.4.3 Evapotranspiración (ET)	21
2.4.4 Factores que llegan afectar la evapotranspiración	22
2.5 Método del tanque evaporímetro	23
2.5.2 Coeficiente de tanque evaporímetro (Kp).	23
2.5.3 ET estimada con tanque de evaporación	25
2.5.4 Tanque evaporímetro de clase A.....	25
2.6 Diseño agronómico	27
2.6.1 Fases del diseño agronómico:	27
2.6.2 Como calcular necesidades de agua para cultivos.....	27
2.6.3 Evapotranspiración de cultivo de referencia (ET _o).	28
2.6.4 Cálculo de ET _o (evapotranspiración de referencia).....	28

2.6.5 Coeficiente de cultivo (Kc)	28
2.7 Uniformidad.....	33
2.7.1 Coeficiente de uniformidad – CU	34
2.8 El Palto.....	34
2.8.1 Clasificación y descripción botánica	35
2.8.2 Fenología del aguacatero	35
2.8.3 Importancia nutricional.....	36
2.8.4 Requerimientos agroecológicos del aguacate	36
2.8.5 Introducción al manejo de fertilización de paltos	38
2.8.5.1 Recomendaciones para la fertilización del palto	39
2.8.5 Podas	39
2.8.6 Programación y manejo del riego en palto.....	39
2.8.7 Cosecha.....	39
2.9 Marco conceptual.....	41
2.10 Antecedentes empíricos de estudio	42
III. HIPÓTESIS Y VARIABLES	46
3.1 Hipótesis	46
a) Hipótesis general	46
b) Hipótesis específicas	46
3.2 Identificación de variables e indicadores.....	47
3.3 Operacionalización de variables	47
IV. METODOLOGÍA	48
4.1 Ámbito de estudio	48
4.2 Tipo de investigación	48
4.3 Unidad de análisis.....	49
4.4 Población	49
4.5 Tamaño de muestra	49
4.6 Técnicas de elección de muestra.....	50
5.1 Procesamiento, análisis, interpretación y discusión de resultados	64
5.2 Prueba de hipótesis	149
5.3 Presentación de resultados.....	160
VI. CONCLUSIONES	180
VII. RECOMENDACIONES.....	183
VIII. BIBLIOGRAFÍA	185
ANEXOS	189

a). Matriz de consistencia.....	189
b. Instrumentos recogida de datos.....	190
b.1 Licencia de empleo de agua, uso agrícola.....	190
b.2 Acreditación correspondiente a disponibilidad hídrica	193
b.3 Análisis de físico-químico del suelo	196
b.4 Análisis de agua.....	197
b.5 datos climáticos (solicitud, data clima, vía correo electrónico).....	198
b.6 validación de instrumentos.....	204
b.7 Validación del plan de Diseño Agronómico.....	212
b.8 Validación de datos climáticos y factores hidro-agronómicos	213
c. medios de verificación (panel fotográfico).....	214

LISTA DE TABLAS

Tabla 1 Superficie equipada con infraestructura de riego en Perú.....	12
Tabla 2 Velocidad de infiltración, conforme el tipo de suelo.....	16
Tabla 3 Categorización de la magnitud de infiltración.....	16
Tabla 4 Coeficientes Kp de Tanque Clase A (suelo que posee vegetación).....	24
Tabla 5 Coeficientes Kp de Tanque Clase A (suelo desnudo).....	25
Tabla 6 Coeficientes de cultivo (Kc).....	29
Tabla 7 Operacionalización de variables.....	47
Tabla 8 Coeficientes de tanque evaporímetro (Kp) para tanque clase A, para varias localizaciones asimismo ambientes de tanques y diversos valores de velocidad media de viento además humedad relativa.....	67
Tabla 9 Evapotranspiración de referencia (mm/día).....	69
Tabla 10 Datos climáticos_Precipitación (mm), serie de 28 años.....	72
Tabla 11 Precipitación efectiva en mm/día.....	76
Tabla 12 Exportación de datos meteorológicos.....	77
Tabla 13 Resumen de resultados: evapotranspiración potencial (mm/día).....	78
Tabla 14 Eto (Promedio, mm/día).....	81
Tabla 15 Kc de cultivos en fase inicial, media y final.....	82
Tabla 16 Boletín 56, Riego y Drenaje.....	82
Tabla 17 Cedula de cultivo y calendario agrícola convencional y tecnificado (Área de cultivo y Kc del cultivo por meses).....	83
Tabla 18 Demanda hídrica - CONVENCIONAL.....	86
Tabla 19 Demanda hídrica - TECNIFICADO.....	87
Tabla 20 Numero de licencia y ubicación de fuente de agua.....	89
Tabla 21 Oferta hídrica CONVENCIONAL O TECNIFICADO.....	91
Tabla 22 Balance hídrico CONVENCIONAL.....	92
Tabla 23 Balance hídrico TECNIFICADO.....	93
Tabla 24 Huella hídrica o cuantía de agua para cultivo de palto.....	95
Tabla 25 Resultado de la velocidad de infiltración.....	96
Tabla 26 Plan de diseño agronómico para cultivo de palto.....	100
Tabla 27 Disminución de rendimientos por efecto de la C.E. del suelo.....	111
Tabla 28 Parámetros de Conductividad eléctrica del suelo.....	112
Tabla 29 Parámetros de pH del suelo.....	113
Tabla 30 Disponibilidad de nutrientes respecto al pH del suelo.....	114
Tabla 31 Disponibilidad de nutrientes respecto al pH del suelo.....	115
Tabla 32 Referencia de materia orgánica respecto al origen de suelos.....	116
Tabla 33 Nitrógeno total en el suelo.....	117
Tabla 34 Nitrógeno total en el suelo.....	118
Tabla 35 Rangos fosforo en el suelo (resultados del Fósforo según Bray y Kurtz).	119
Tabla 36 Rangos potasio intercambiable en suelo.....	120
Tabla 37 Rangos de capacidad de intercambio catiónico en el suelo.....	121
Tabla 38 Valores de densidad aparente, en correspondencia de textura de suelo.....	125

Tabla 39	Valores de densidad real.....	126
Tabla 40	Factores de demanda NPK, para diversos cultivos, mencionados en Kg de nutriente por tm de producto generado	130
Tabla 41	Requerimientos nutricionales para producir 6.5 tonelada de fruta	131
Tabla 42	Calculo dosis de nutrimento para palto	133
Tabla 43	Índice de dureza de agua indicada en CaCo_3	136
Tabla 44	Tolerancia aproximada de diversos cultivos a los cloruros en meq/L en solución del suelo y en el agua	138
Tabla 45	Calidad de agua de riego	141
Tabla 46	Compatibilidad de fertilizantes.....	143
Tabla 47	Resultados de CUC de la parcela en investigación.....	146
Tabla 48	Prueba de Normalidad	150
Tabla 49	Correlaciones de Spearman - Hipótesis general Nota. Elaboración propia	151
Tabla 50	Regresión lineal - Hipótesis general.....	151
Tabla 51	Correlación de spearman - Hipótesis 1	152
Tabla 52	Regresión lineal - Hipótesis 1	153
Tabla 53	Correlación de spearman - Hipótesis específica 2	154
Tabla 54	Regresión lineal - Hipótesis 2.....	154
Tabla 55	Correlación de spearman -Hipótesis específico 3	156
Tabla 56	Regresión lineal - Hipótesis específica 3.....	156
Tabla 57	Regresión Lineal Múltiple	157
Tabla 58	Anova - Hipótesis específico 4	158
Tabla 59	Coeficientes - Hipótesis específico 4.....	158
Tabla 60	Riego por goteo (Agrupada).....	160
Tabla 61	Demanda Hídrica (Agrupada).....	161
Tabla 62	Plan de diseño agronómico (Agrupada)	163
Tabla 63	CUC de Riego (Agrupada)	164
Tabla 64	Balance Hídrico (Agrupada)	165
Tabla 65	Infiltración (Agrupada).....	167
Tabla 66	Producción Agrícola (Agrupada).....	168
Tabla 67	Rendimiento (Agrupada)	170
Tabla 68	Características Fenotípicas del cultivo (Agrupada)	171

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 Infiltrómetro doble anillo	15
Figura 2 Zona de humedecimiento de acuerdo al tipo de suelo	17
Figura 3 Elementos de un sistema de riego por goteo	20
Figura 4 Tanque Clase A	26
Figura 5 Tanque clase A, sobre el suelo en barbecho	27
Figura 6 Partes del porcentaje de área sombreada	29
Figura 7 Secuencia de cálculos para obtener la necesidad total	31
Figura 8 Superficie de área mojada	32
Figura 9 Uniformidad de riego en los cultivos	33
Figura 10 Valores de Coeficiente de Uniformidad	34
Figura 11 Mapa de Ubicación del área de estudio	51
Figura 12 Perímetro de área de parcela de investigación	64
Figura 13 Puntos de fuente hídrica según licencia de agua	65
Figura 14 Toma de datos sobre la evaporación del agua	66
Figura 15 Lectura del tanque evaporímetro (Epam), 8.37mm que evaporó en el día	66
Figura 16 Cálculo humedad, velocidad de viento y Eto_Penman Monteith.....	68
Figura 17 Datos de referencia y/o localización de estación meteorológica de Quillabamba	70
Figura 18 Datos climáticos y/o localización del punto de investigación, NASA POWER.....	71
Figura 19 Precipitación efectiva en mm.	76
Figura 20 Resumen de Evapotranspiración potencial (mm/día).....	78
Figura 21 Evapotranspiración de referencia o potencial elegido (mm/mes).....	79
Figura 22 Eficiencia de riego por método utilizado.....	84
Figura 23 Se aprecia a medida que transcurre el tiempo va infiltrando agua.....	97
Figura 24 Variación de lámina asimismo velocidad de infiltración en correspondencia al tiempo.....	97
Figura 25 Secuencia de diseño agronómico	98
Figura 26 Ficha técnica de gotero regulable	103
Figura 27 Gotero auto compensado o regulable	104
Figura 28 Muestreo de suelos en plantaciones de palto	107
Figura 29 Plantaciones de palto, área de investigación	107
Figura 30 Recorrido en forma cuadrícula (A), en Zigzag (B), y en X (C).	108
Figura 31 Submuestras de suelo	108
Figura 32 Homogenización de submuestras de suelo.....	109
Figura 33 Muestra de suelo.....	109
Figura 34 Resultados de análisis físico-químico-mecánico del suelo, parcela de investigación	110
Figura 35 Triángulo textural	122
Figura 36 Agua útil	123

Figura 37 Agua útil del suelo	124
Figura 38 Producto comercial de la Urea fuente de nitrógeno	132
Figura 39 Toma de muestra de agua de sistema de riego	134
Figura 40 muestra de agua del sistema de riego	134
Figura 41 Resultados de análisis de agua de la parcela de investigación	135
Figura 42 La importancia del pH	140
Figura 43 Parámetros de clase de agua	142
Figura 44 Medición de volumen de descarga del emisor	144
Figura 45 Esquema de laterales y gotero Autocompensado	144
Figura 46 Distribución de goteros en parcela de investigación	145
Figura 47 Valores de Coeficiente de Uniformidad	146
Figura 48 Tamaño de hoja de palto	147
Figura 49 Tamaño de fruto de palto y rangos de calibre de palto	148
Figura 50 Calibre de palto para exportación	148
Figura 51 Cosecha y selección de fruta	149
Figura 52 Riego por goteo (Agrupada)	160
Figura 53 Demanda Hídrica	162
Figura 54 Plan de diseño agronómico	163
Figura 55 CUC de Riego	164
Figura 56 Balance Hídrico	166
Figura 57 Infiltración	167
Figura 58 Producción Agrícola	169
Figura 59 Rendimiento	170
Figura 60 Características Fenotípicas de cultivo	172

INTRODUCCIÓN

La presente tesis de investigación que lleva de título “Efecto Del Riego Por Goteo Autocompensado En La Producción De Palto (persea americana), variedades hass y fuerte en el fundo verde, distrito de Maranura, provincia de La Convención – 2021”. Lo cual tiene por objetivo general; Analizar el efecto del riego por goteo autocompensado en la producción de palto (persea americana), variedades hass y fuerte en el Fundo Verde, Distrito de Maranura, Provincia de La Convención – 2021.

Para alcanzar dicho propósito y dar respuesta a la problemática planteada, la investigación se estructuró en los siguientes capítulos:

CAPITULO I. Planteamiento de problema. – Este capítulo desarrolla la situación problemática, la formulación del problema general y específicos, los objetivos de investigación y la justificación del estudio.

CAPITULO II. Marco teórico conceptual. – El apartado abarca; bases teóricas, marco conceptual además antecedentes empíricos.

CAPITULO III. Hipótesis y variables. – Incluye la hipótesis general, las hipótesis específicas, la identificación de variables e indicadores, así como la matriz de operacionalización correspondiente.

CAPITULO IV. Metodología. – Detalla el tipo y nivel de investigación, el ámbito y unidad de análisis, la población y muestra, así como las técnicas e instrumentos de recolección y procesamiento de datos.

CAPITULO V. Resultados. – Presenta el procesamiento estadístico, la interpretación y análisis de los resultados, y la verificación de las hipótesis planteadas, vinculándolas con el marco teórico.

CAPITULO VI. Conclusiones. – Resume los hallazgos más relevantes y da respuesta al problema de investigación.

CAPITULO VII. Recomendaciones. – Expone sugerencias prácticas y líneas de investigación futuras orientadas al fortalecimiento del manejo técnico del riego por goteo en cultivos de palto.

ANEXOS. - Incluyen la matriz de consistencia, los instrumentos de recolección de datos y los medios de verificación que respaldan la investigación.

En su conjunto, este estudio busca contribuir al conocimiento técnico-científico sobre la gestión eficiente del recurso hídrico en la agricultura, promoviendo el uso de tecnologías sostenibles que incrementen la productividad y reduzcan la presión sobre los ecosistemas hídricos locales.

El autor.

I. PLANTEAMIENTO DE PROBLEMA

1.1 Situación problemática

El riego localizado por goteo consiste en conducir agua a presión por una red de tuberías, hasta el punto del campo donde se quiera que se infiltre, una de las ventajas de este tipo de sistemas de riego es justamente que el agua es aplicada directamente sobre las raíces, con pequeña intensidad y alta frecuencia para mantener el cultivo en capacidad de campo. El alto rendimiento para cualquier cultivo se consigue con el mejoramiento genético, manejo agronómico y el uso de sistemas de riego tecnificado.

En el contexto actual de crisis hídrica global, el uso eficiente del agua en la agricultura es una necesidad urgente, especialmente en cultivos de alto valor como el palto, más del 40 % de la población mundial vive en zonas con escasez de agua, situación que se agrava por el cambio climático, alterando los patrones de precipitación y generando sequías prolongadas. En el Perú, esta problemática se refleja con mayor intensidad en zonas como la provincia de La Convención, donde los cultivos de palto, pese a su creciente valor comercial, suelen ser regados de manera empírica, sin un cálculo técnico de las necesidades hídricas.

En el distrito de Maranura, muchos agricultores utilizan sistemas de riego por secano o riego convencional sin considerar parámetros agronómicos como la evapotranspiración, el balance hídrico o el coeficiente de uniformidad de riego. Esta falta de planificación provoca ineficiencias en el uso del recurso hídrico, afectando la productividad del cultivo y comprometiendo la sostenibilidad agrícola local. En este escenario, la aplicación de tecnologías como el riego por goteo Autocompensado, sustentadas en estudios técnicos y científicos, se vuelve clave para optimizar el recurso y garantizar una producción sostenible.

- **En el contexto mundial**

La escasez de agua es uno de los retos más apremiantes en el ámbito agrícola. Según datos de la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y agricultura (2021) indica que; más del 40% de la población global se halla en regiones afectadas por falta de agua, una situación que se prevé se agravará debido al cambio climático, Este fenómeno altera los patrones de precipitación y aumenta la asiduidad de sucesos climáticos extremos, como las sequías.

En este contexto, México se ha consolidado como el principal productor y exportador mundial de aguacate, representando una pieza clave en la cadena de suministro global del fruto. Este liderazgo no solo se debe a su volumen de producción que alcanzó aproximadamente 1.47 millones de toneladas en 2015, sino también a factores como su infraestructura agrícola, condiciones agroecológicas favorables y políticas de exportación. Este modelo de producción ha sido ampliamente estudiado como referente en América Latina por su capacidad de adaptación a los desafíos del mercado internacional y del cambio climático. (Taramuel et al., 2024).

- **En el ámbito nacional**

Países productores de palta como Perú, con producción anual de 0.29 millones de toneladas, y México, encuentran en la agricultura un pilar clave para sus economías, especialmente en zonas rurales donde el cultivo de palta ha ganado protagonismo debido a su alta rentabilidad, Sin embargo, en muchas de estas áreas, la gestión del agua para riego sigue siendo un desafío importante. La falta de eficiencia en el uso del agua y la ausencia de cálculos precisos sobre necesidades hídricas de cultivos han provocado casos de riego excesivo. (F.A.O., 2021).

Esto no solo genera un desperdicio significativo del recurso hídrico, sino que también afecta negativamente la calidad del suelo, causando problemas como la salinización y el lavado de nutrientes. Santos (2008).

En este contexto, se hace imperativo contar con herramientas que permitan estimar de manera precisa la necesidad de agua de cultivo de palta, facilitando la optimización del riego y promoviendo manejo más sostenible y eficiente de recursos hídricos.

- **A escala local**

Los productores de palto se encuentran con el reto de determinar con exactitud la cuantía requerida de agua para sostener el balance hídrico en sus plantaciones. Frecuentemente, el riego se fundamenta en proyecciones inexactas que no consideran las variaciones climáticas diarias ni las particularidades del terreno. señala en el 2020, la región de Cusco fortaleció sus transportes de palta a diversos mercados, consiguiendo del fruto el producto primordial exportador de la región, conforme lo detalló el Servicio Nacional de Sanidad Agraria Santos (2008). Donde indica que; se exporto cerca de 232 toneladas de palta hass, así mismo señaló que Cusco se halla potenciando su agroexportación hacia mercados asiáticos además europeos.

En la provincia de La Convención, distrito de Maranura los agricultores mayormente cultivan café, cítricos y recientemente el cultivo de palto de la diversidad Hass y Fuerte bajo riego en secano (lluvias), es ahí un punto de quiebre donde llega la época seca, una problemática que se tiene en campo son; las sequias prolongadas teniendo mortandad en las plantaciones razón por la cual, entran en estrés hídrico y estás no pueden recuperarse ya que el cultivo de palto es muy susceptible; si se

quiere potenciar la región del Cusco y llegar a ser una potencia en la agroexportación de este importante cultivo se debe incentivar a los productores y promover el cambio de tecnología con proyectos de riego por goteo, microaspersión etc. así mismo transmitir conocimientos acerca del manejo de riego diario e instalación, control y mantenimiento del sistema de riego, ya que esta pandemia despertó en la ciudadanía lo importante y vital que es la agricultura más a un qué; este cultivo es de consumo de la dieta de la ciudadanía.

La (F.A.O., 2021) recomienda complementar esta tecnología con el monitoreo agroclimático, utilizando herramientas como estaciones meteorológicas automáticas, sensores de humedad de suelo y softwares de programación de riegos y el uso de tanque evaporímetro clase A, la cual mediante lecturas se puede calcular la evapotranspiración del cultivo, estas prácticas posibilitan la determinación de la huella hídrica, entendida como la cantidad total de agua verde, azul y gris necesaria para producir una unidad de biomasa o producto agrícola. En el caso del palto, conocer la huella hídrica permite estimar el volumen de agua requerido por kilogramo de fruta, así mismo indica también que; la ecuación de Penman monteith proporciona el cálculo de la evapotranspiración de referencia.

En la actualidad, no existen estudios sistemáticos en Maranura que determinen la demanda hídrica específica, la evapotranspiración de referencia, ni la uniformidad de aplicación para el cultivo de palto. Esta carencia de información técnica limita la eficiencia productiva y la gestión racional del recurso. Por ello, el presente trabajo se plantea como un aporte técnico-científico orientado a analizar el efecto del riego por goteo Autocompensado en la producción de palto (*Persea americana*), variedades *Hass* y *Fuerte*, en el Fundo Verde, distrito de Maranura, provincia de La Convención – 2021.

1.2 Formulación de problema

a) General

- ¿Cuál es el efecto del riego por goteo Autocompensado sobre la producción y comportamiento agronómico del cultivo de palto (*Persea americana*) de las variedades Hass y Fuerte en el Fundo Verde, distrito de Maranura, provincia de La Convención – 2021?

b) Específicos

- ¿Cuál es la demanda hídrica del cultivo de palto estimada mediante el tanque evaporímetro Clase A y la ecuación de Penman–Monteith bajo riego localizado por goteo Autocompensado en el Fundo Verde, Maranura, La Convención – 2021?
- ¿Cómo es el plan de diseño agronómico del sistema de riego localizado por goteo Autocompensado para el cultivo de palto en el Fundo Verde, Maranura, La Convención – 2021?
- ¿Cuál es el coeficiente de uniformidad de la distribución del agua del sistema de riego por goteo Autocompensado en el cultivo de palto del Fundo Verde, Maranura, La Convención – 2021?
- ¿Cuál es el rendimiento y cuáles son las características fenotípicas obtenidas en el cultivo de palto bajo riego por goteo Autocompensado en el Fundo Verde, Maranura, La Convención – 2021?

1.3 Justificación de la investigación

El Sistema de riego localizado por goteo está obteniendo importancia año a año por los agricultores debido al cambio climático y motivado por escases del elemento hídrico, por ello la nueva tendencia es la optimización del agua. La eficiencia

del riego localizado por goteo oscila entre 90 a 95% en forma teórica, en la práctica un inapropiado manejo puede mermar en forma relevante el trabajo del sistema de riego.

El cultivo de palto (*persea americana*), tiene un desarrollo fuerte en años recientes, gracias a su elevado valor económico y su demanda global, debido a sus características nutritivas y su elevado contenido de grasas saludables, lo que ha provocado un aumento considerable en su consumo. Uno de los retos más significativos en la producción de cultivo de palto es la acrecentada necesidad de agua que requiere este cultivo, particularmente en etapas fenológicas de desarrollo más aun en la etapa de cuajado de fruto y en la fructificación.(Fao, 2021).

En ese contexto, la administración eficaz del agua en la agricultura es punto clave para preservar este recurso vital a largo plazo y es así que para realizar un riego racional en los cultivos es muy importante conocer la demanda hídrica, es decir cuánto de agua necesita la planta, para satisfacer sus necesidades hídricas y no entren en un estrés hídrico, esta pérdida de agua puede darse por muchos factores, clima, vientos, tipo de suelo, así como la radiación solar, esta afecta considerablemente en la evaporación. Existe diferentes formas de medir la evaporación del agua sea con la consecución de datos climáticos y procesando en el software (ecuación de Penman-Monteith) o una de ellas también es a través del tanque evaporímetro clase A, propuesta por la FAO, el cual genera datos diarios, semanales y mensuales de agua evaporada que se está perdiendo, lo cual nos permitió calcular cuánto de agua hay que reponer al suelo para que exista un buen riego al cultivo. El estudio permitió determinar la Huella Hídrica del palto en Maranura, estableciendo el volumen de agua necesario para producir un kilogramo de fruto. Este hallazgo constituye el principal **aporte científico** de la investigación, revelando la

sensibilidad hídrica del cultivo bajo condiciones locales. El contraste es categórico: el escenario convencional demanda 345.77 L/kg, mientras que el sistema por goteo Autocompensado optimiza el consumo a 96.05 L/kg. Aunque el palto posee una alta demanda biológica, la tecnología de precisión logra una reducción del 72.22% en el requerimiento del recurso, dato fundamental para la planificación hídrica en La Convención.

Así mismo en todo sistema de riego es esencial conocer el balance hídrico, dato importante para analizar la oferta y demanda de agua para el cultivo, para lo cual este análisis fue de interés. Por otra parte, un planteamiento de diseño agronómico contempla varios parámetros y se analizó desde el cálculo de requerimientos netos del cultivo, dosis y frecuencia de riego, precipitación horaria, tiempo y turnos de riego, todo ello se realizó para un buen manejo de riego. Un aspecto importante en el riego por goteo, también son las pruebas de uniformidad, cuyo conocimiento permite lograr buenos rendimientos en la producción de los cultivos, las cuales están relacionadas directamente con la infiltración del suelo y esta relación permitió conocer el suelo a regar soporta la cantidad de agua emitida por los emisores, así como también midió el desempeño de sistema de riego por goteo.

Este análisis tuvo como objetivo producir información científica que facilite la implementación de prácticas agrícolas más sustentables y ajustadas a retos del cambio climático y administración del agua.

Desde el enfoque no-experimental, este estudio está ayudando a solucionar la problemática, lo cual analizó la demanda hídrica del cultivo de palto, utilizando tanque evaporímetro clase A y la ecuación de Penman monteith con datos climáticos para maximizar la aplicación de riego y realizar una distribución eficiente y uniforme de

agua. Así también en cuanto a costos e implementación de sistema de riego es de dominio del investigador del mismo modo la obtención y compra de todos los insumos para manejo del cultivo del palto, en cuanto al manejo cultural (manejo de poda, plan de fertilización, manejo de plagas además de enfermedades), hasta la cosecha del fruto del palto, toda la especialidad que demanda el cultivo.

A continuación, se detallan los motivos que respaldan la relevancia de este análisis

1.3.1 Importancia del estudio

Este análisis aportó al fortalecimiento del saber en el campo de riego, actualmente la bibliografía acerca de la realización de la demanda hídrica es escasa más aun cuando cada plantación tiene una demanda hídrica única para cada cultivo, lo que hace que este estudio es importante para conocer cuánto de agua pierde el cultivo y cuanto debe reponerla, lo cual desde el punto social este estudio es esencial para mejorar la producción y la calidad de vida de habitantes de la región.

1.3.2 Delimitación del estudio

1.3.2.1 Delimitación temporal

- El tiempo que fue de materia de análisis en el estudio fue en pertinentes periodos 2021 – 2022.

1.3.2.2 Delimitación espacial

- El análisis se realizó en provincia de la Convención distrito Maranura sector de Mandor de la región del Cusco.

1.3.2.3 Delimitación conceptual

- El análisis abarco definiciones y fundamentos principalmente los temas de manejo de riego localizado por goteo Autocompensado y producción en el cultivo de palto.

1.4 Objetivos de estudio

a) Objetivo general.

- Evaluar el efecto del riego por goteo Autocompensado en la producción y comportamiento agronómico del cultivo de palto (*Persea americana*) variedades Hass y Fuerte en el Fundo Verde, distrito de Maranura, provincia de La Convención – 2021.

b) Objetivos específicos.

- Determinar la demanda hídrica del cultivo de palto mediante el tanque evaporímetro Clase A y la ecuación de Penman–Monteith bajo riego por goteo Autocompensado en el Fundo Verde, Maranura – 2021.
- Elaborar el plan de diseño agronómico del sistema de riego localizado por goteo Autocompensado para el cultivo de palto en el Fundo Verde, Maranura – 2021.
- Evaluar el coeficiente de uniformidad de la distribución del agua en el sistema de riego por goteo Autocompensado del cultivo de palto en el Fundo Verde, Maranura – 2021.
- Determinar el rendimiento y las características fenotípicas del cultivo de palto bajo riego por goteo Autocompensado en el Fundo Verde, Maranura – 2021.

II. MARCO TEÓRICO CONCEPTUAL

2.1. Riego

Según Cisneros (2003), el riego se detalla como el suministro artificial de agua a los cultivos, permitiendo satisfacer sus requerimientos hídricos para alcanzar un desarrollo óptimo. Por su parte Banco Mundial (2013) destaca que, en el caso de Perú, el riego es esencial para mejorar tanto la producción como la productividad agrícola. Este recurso contribuye aproximadamente con dos tercios del valor total de producción agrícola y desempeña un papel significativo en las exportaciones del país.

Además, el riego en Perú tiene un impacto positivo en la merma de la pobreza y el incremento de calidad de vida de comunidades rurales. Al mejorar la productividad agrícola, se estabilizan los precios de los productos agrícolas, se generan más oportunidades laborales y aumentan ingresos de agricultores y sus colaboradores. Este conjunto de beneficios refuerza la seguridad alimentaria en el país. Asimismo, como se aprecia en la Tabla 1, la superficie agrícola equipada con infraestructura de riego es considerable, y desde una perspectiva de género, las mujeres desempeñan un rol destacado en gestión de sistemas de riego, contribuyendo de manera significativa a la producción agrícola. (Banco Mundial, 2013)

Tabla 1

Superficie equipada con infraestructura de riego en Perú.

Región	CENAGRO 1994		ANA (2012)	
	ha	(%)	ha	(%)
Costa	1.190.000	68%	981.127	65%
Sierra	453.000	26%	412.236	27%
Selva	109.000	6%	118.291	8%
Total	1.752.000	100	1.511.655	100

Nota. Banco mundial, 2013.

2.1.1 Relaciones agua-planta

Según Pizarro (1996), el agua es un primordial elemento de las plantas, representando el 90% de su peso. Actúa como solvente y facilita la entrada de gases y minerales, siendo crucial comprender su movimiento dentro del sistema suelo-planta-atmósfera.

2.2 El suelo

Por su parte, (Moshe Sneh, 2006), define el suelo como sistema heterogéneo compuesto por sólidos, líquidos además gaseosos elementos, particularizado por específicas propiedades, en ese entendido describe el suelo como capa superior de corteza terrestre, un hábitat fundamental para crecimiento, desarrollo asimismo producción de cultivos, sosteniendo la vida vegetal.

El suelo, como capa superior de la corteza terrestre, representa un hábitat fundamental para el crecimiento, desarrollo y producción de cultivos, al proporcionar nutrientes, estabilidad física y un entorno dinámico que sostiene la vida vegetal. El suelo es el “hogar perfecto para las raíces tanto reales como simbólicas de toda la vida, incluyendo las plantas verdes; sintetizador de sí mismo, buffer de pH y temperatura; proveedor y reciclador de agua, carbono y elementos químicos esenciales para la vida. Palma (2012).

El suelo, entendido como la capa superior de la corteza terrestre, constituye un hábitat esencial para el crecimiento, desarrollo y producción de cultivos, al ofrecer nutrientes, soporte físico, agua, aire y un entorno biológicamente activo que sustenta la vida vegetal. Según el (Diccionario panhispánico del español jurídico - RAE, 2018), el suelo es la “capa superior de la corteza terrestre situada entre el lecho rocoso y la superficie, compuesta por partículas minerales, materia orgánica, agua, aire y

organismos vivos”, y actúa como una interfaz crucial entre la tierra, el aire y el agua, lo que le permite desempeñar funciones tanto naturales como de uso agrícola.

Esta definición destaca la importancia del suelo no sólo como sustrato estático, sino como un sistema vivo clave para la productividad agrícola y la sostenibilidad de los cultivos.

2.2.1 Infiltración de agua en el suelo

El proceso de entrada de agua en el suelo, conocido como infiltración, adquiere gran importancia durante el riego. La infiltración hace referencia a la velocidad o tasa de entrada del agua, generalmente medida en mm/h, y determina ritmo adecuado de ejecución de agua al terreno para evitar la escorrentía. Este fenómeno implica movimiento de agua desde la correspondiente superficie hacia el área de raíces y subsiguientemente hacia más hondas capas mientras dura el suministro de agua. Durante este proceso, se forma un frente de humedecimiento que progresa rápidamente al inicio, disminuyendo con el tiempo. Cisneros (2003).

La velocidad de infiltración corresponde a la cantidad de agua que ingresa en el suelo por unidad de superficie y tiempo (1 mm de agua equivalente a 1 litro por m² de superficie). (Fuentes, 1999).

2.2.2 Determinación de velocidad de infiltración

Infiltración puede medirse tanto en campo como en laboratorio, utilizando muestras inalteradas o alteradas. Entre las metodologías de campo, uno de los más utilizados por su sencillez es: Infiltrómetro de doble cilindro. Cisneros (2003).

2.2.3 Método de Infiltrómetro de doble anillo concéntrico.

Este método trata de la instalación de cilindros concéntricos de acero, huecos en la parte central, en el terreno donde se desea medir la infiltración. Antes de la

instalación, se limpia la zona de hierbas, desechos y piedras. Los cilindros tienen aproximadamente 40 cm de altura y diámetros de 30 y 45 cm, correspondientemente, conforme se ilustra en figura 02. Cisneros (2003).

Figura 1

Infiltrómetro doble anillo



Nota. Cisneros (2003)

Existe algunos autores que han elaborado con determinación la fórmula de infiltración y es:

Ecuación de Horton:

$$I = Vf + (Vi - Vf)e^{-kt} \quad \text{ec. 01}$$

Donde:

- I = velocidad de infiltración (cm/hr).
- V_f = velocidad de infiltración final (cm/hr)
- V_i = velocidad de inicio de infiltración (cm/hr).
- k = constante adimensional
- t = tiempo (hr).

Tabla 2

Velocidad de infiltración, conforme el tipo de suelo.

Tipo de suelo	Velocidad infiltración
Arcilloso	< 5 mm/hora
Franco Arcilloso	5 - 10 mm/hora
Franco	10 -20mm/hora
Franco Arenoso	20 - 30mm/hora
Arenoso	> 30mm /hora

Nota. Fuentes, 2003.

Tabla 3

Categorización de la magnitud de infiltración.

Categorización	Magnitud (cm/hr)	Particularidades
Muy lenta	< 0.25	Suelos con contenido alto de arcilla.
Lenta	0.25 hasta 1.75	Suelos con contenido alto de arcilla, bajo en elementos orgánicos o suelos delgados.
Media	1.75 hasta 2.50	Suelos migajones limosos o arenosos.
Rápido	> 2.50	Suelos arenosos o migajones limosos profundos y apropiada agregación.

Nota. Cisneros, 2003.

2.3 Sistemas de riego

(Veintimilla, 2015) manifiesta que es el conglomerado de infraestructuras técnicas y su principal objetivo es cubrir sus requerimientos hídricos de cultivos y existen varios tipos de riego y son:

- **Riego por aspersión:** es de forma de lluvia local

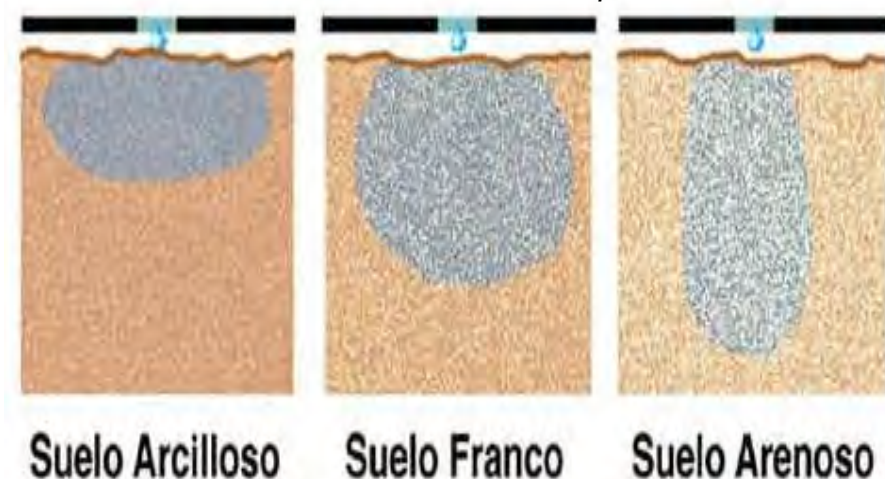
- **Riego por microaspersión:** en forma de llovizna
- **Riego por goteo:** en forma de gotas este crea un bulbo húmedo y es muy aprovechable por la planta
- **Riego por nebulizadores:** es similar a un rocío o neblina
- **Riego por pivot:** tienen capacidad de moverse en círculo o frontal.

2.3.1 Riego localizado por goteo

Mendoza (2013), define es un método de riego que ejecuta de forma directa al suelo, gota a gota, empleando goteros estos a su vez para su funcionamiento necesitan presión, cuando los goteros aplican agua esta infiltra y se va constituyendo un humedecimiento en forma de cebolla al cual se designa bulbo húmedo como se visualiza en la figura 03. La cual muestra la humedad según el tipo de suelo, cabe decir que en gran parte la forma del bulbo húmedo se halla condicionado por la clase de suelo.

Figura 2

Zona de humedecimiento de acuerdo al tipo de suelo



Nota. Mendoza (2013).

2.3.2 Sistemas y métodos de riego.

Como dice Cisneros (2003) cuando se conversa de riego de forma global, se detalla que la problemática primordial por indicarse es: el Cuándo, Cuánto y Cómo regar.

- **El Cuánto** detalla la cuantía de agua que se debe ejecutar en cada riego.
- **El Cuándo** plantea cada cuanto tiempo se debe aplicar riego al cultivo quiere decir con qué frecuencia vamos a regar.
- **El Cómo** detalla la problemática de la manera en que la cuantía de agua a ejecutarse al suelo es decir mediante que método de riego.

2.3.3 Emisores o goteros

Como expresa Pizarro (2021) los emisores son las partes más fundamentales en instalaciones de riego por localizado, estas deben de tener un caudal bajo, y por otro lado la presión de servicio de emisores no debe ser muy baja ya que traería consigo la des uniformidad de riego.

2.3.4 Adaptabilidad y capacidad de riego localizado

El riego localizado por goteo posee gran relevancia debido a su eficiencia en la merma del consumo de agua y los costos relacionados con el riego, en particular los gastos de mano de obra. Este método aplica el agua de manera específica, únicamente en las zonas en el cual se generan raíces de cultivos, permitiendo regar ciertos cultivos con una cantidad de agua menor en cotejo con otros sistemas de riego. Un ejemplo claro son las plantaciones jóvenes de árboles, que pueden requerir menos de la mitad del agua que necesitarían si se utilizaran métodos como el riego por aspersión o por superficie. Además, en el riego subsuperficial, la porción del área

mojada expuesta a la radiación solar es inferior que, en otros sistemas de riego, lo que contribuye a mayor eficiencia en el uso del agua (ng. Santos, 2008. P. 200)

2.3.5 Fertirriego

Santos (2008), considera que la ejecución de fertilizantes con agua de riego (fertirriego) se brinda como recomendación en riego localizado, ya que ayuda a un control mayor en localización y el momento de actuación de fertilizantes.

Como dice Veintimilla (2015) se debe conocer con precisión las necesidades hídricas y cada uno de los macronutrientes a intervalos de horas, días, y en cada tipo de condición ambiental esto con el fin de racionalizar los fertilizantes en el agua y aumente la eficiencia así mismo para obtener éxito en el riego por goteo es fundamental conocer:

- Tipo de cultivo
- Topografía
- Necesidad hídrica del cultivo de acuerdo al lugar
- Tipos de sustrato
- Calidad del agua

2.3.6 Elementos de un sistema de riego localizado por goteo

Legaspi (1999), señala que la implementación de riego por goteo debe poseer al menos los correspondientes elementos, como se muestra también en la figura 04.

- Fuente de energía
- Red de tuberías
- Cabezal de control

- Dispositivos de control
- Goteros o emisores

Figura 3

Elementos de un sistema de riego por goteo



Nota. Baca (2019).

2.4 Evaporación.

La evaporación es la merma de agua en forma de vapor que ocurre desde el suelo cercano a las plantas, desde superficie de hojas de vegetales o desde superficie del agua Cisneros (2003)

Los elementos que llegan afectar de forma primordial la evaporación, son:

- Climáticos (primordialmente radiación solar)
- Superficie evaporante

2.4.1 Transpiración.

Cisneros (2003), menciona es la merma de agua de plantas en forma de vapor se denomina como transpiración. Clases de transpiración:

- Raíces ---> xilema ---> mesófilo de hojas → estomas (transpiración estomática)

- Raíces ---> xilema ---> corteza de tallo → epidermis (transpiración cuticular)

La transpiración se encuentra en correspondencia con elementos climáticos: humedad atmosférica, viento, temperatura además radiación solar.

2.4.2 Eficiencia de riego.

(Fontela, 2016) Refiere que el cultivo o terrenos que posee el agricultor, aprovechando mayor cuantía de agua posible.

Optimizar eficiencia de riego es regar apropiadamente y posee como significado:

- Sostener el área de raíces de cultivos sin demasías ni escases de agua.
- Prevenir desbordamientos en áreas más bajas del terreno, con lo que se previenen padecimientos del cuello de plantas.
- Mermar problemáticas de drenaje.
- Acrecentar rendimientos de cultivos.
- Humedecer más superficie con la misma agua que se encuentra en el predio

2.4.3 Evapotranspiración (ET)

Según la FAO (2015) Menciona que evaporación del suelo y transpiración de la planta suceden de forma simultánea y no existe una forma sencilla de diferenciar entre los 2 procesos. Separadamente de disposición de agua en horizontes superficiales, La evapotranspiración se manifiesta de forma normal en milímetros (mm) por unidad de tiempo, y se estimad empleando la fórmula 02

$$ETc = ET_o * Kc \text{ mm/dia} \quad \text{ec. 02}$$

Donde:

- Etc. = Evapotranspiración de cultivo (mm/día).
- ETo = Evapotranspiración de referencia (mm/día).
- Kc = Coeficiente de cultivo.

2.4.4 Factores que llegan afectar la evapotranspiración

Según la FAO (2015) Considera que clima, las particularidades del cultivo, manejo además medio de desarrollo son elementos que llegan afectar evaporación e igualmente transpiración.

a) Variables climáticas

Los primordiales parámetros climáticos que llegan afectar evapotranspiración son radiación, humedad atmosférica, temperatura del aire además velocidad de viento.

b) Factores de cultivo.

El tipo de cultivo, diversidad asimismo fase de desarrollo deben ser detallados cuando se analiza evapotranspiración de cultivos que se generan en zonas grandes además apropiadamente administradas.

c) Manejo y condiciones del ambiente.

Elementos como salinidad o fertilidad baja del suelo, empleo restringido de fertilizantes, existencia de capas duras o impermeables en el suelo, la falta de supervisión de enfermedades y plagas, y un manejo inadecuado del suelo pueden restringir crecimiento de los cultivos y disminuir la evapotranspiración. (FAO, 2021).

2.5 Método del tanque evaporímetro

2.5.1 Tanque evaporímetro.

(F.A.O, 2021). Señala que la tasa de evaporación en tanques llenos de agua puede determinarse sencillamente en condiciones sin lluvia, donde la cuantía de agua evaporada en un lapso (mm día-1) equivale a reducción en el nivel del agua dentro del tanque en ese mismo lapso. Los tanques brindan medición del efecto mezclado de elementos como radiación, temperatura, viento además humedad sobre proceso de evaporación en superficie de agua expuesta.

De acuerdo a Baca (2019) el tanque clase A nos ayuda a ver cuánto de agua ha evaporado diariamente expresada en mm.

$$ET_o = K_p * E_{pan} \quad \text{ec. 03}$$

En el cual:

- ET_o = Evapotranspiración de referencia [mm día-1]
- K_p = Coeficiente de tanque evaporímetro [-],
- E_{pan} = Evaporación de tanque evaporímetro [mm día-1].

2.5.2 Coeficiente de tanque evaporímetro (K_p).

2.5.2.1 Tipos y ambiente del tanque evaporímetro

De acuerdo (F.A.O, 2021) Se manifiestan diversas clases de tanques evaporímetros. Los detalles del tanque clase A y del tanque enterrado tipo Colorado, como coloración, tamaño, asimismo posición del tanque evaporímetro poseen significativa influencia en hallazgos medidos, los coeficientes de tanque evaporímetro son puntuales para cada clase de tanque evaporímetro.

Tenemos 2 situaciones se llegan a considerar usualmente: Caso A en donde el tanque evaporímetro se ubica en el área de pasto corto verde y se halla cercado por suelo en barbecho; y Caso B en donde tanque evaporímetro se ubica sobre suelo en barbecho y se halla cercado por cultivo verde, en la tabla 02 muestra los coeficientes del tanque clase con vegetación y suelo desnudo (F.A.O, 2021)

Tabla 4

Coeficientes Kp de Tanque Clase A (suelo que posee vegetación)

EL COEFICIENTE DEL TANQUE K _{tan} (Caso 1)					
					
Distancia a Barlovento D (m)	Velocidad del viento		Humedad Relativa Media		
	(Km/día)	(m/s)	<40	40 – 70	> 70
0 a 9	< 175	< 2	0.55	0.65	0.75
	175 – 425	2 – 5	0.50	0.60	0.65
	425 – 700	5 – 8	0.45	0.50	0.60
	> 700	> 8	0.40	0.45	0.50
10 a 99	< 175	< 2	0.65	0.75	0.85
	175 – 425	2 – 5	0.60	0.70	0.75
	425 – 700	5 – 8	0.55	0.60	0.65
	> 700	> 8	0.45	0.55	0.60

Nota. (F.A.O., 2021)

Tabla 5

Coeficientes K_p de Tanque Clase A (suelo desnudo)

EL COEFICIENTE DEL TANQUE K_{tan} (Caso 2)					
					
Distancia a Barlovento D (m)	Velocidad del viento		Humedad Relativa Media		
	(Km / día)	(m / s)	<40 %	40 – 70 %	> 70 %
0 a 9	< 175	< 2	0.70	0.80	0.85
	175 – 425	2 – 5	0.65	0.75	0.80
	425 – 700	5 – 8	0.60	0.65	0.70
	> 700	> 8	0.50	0.60	0.65
10 a 99	< 175	< 2	0.60	0.70	0.80
	175 – 425	2 – 5	0.55	0.65	0.70
	425 – 700	5 – 8	0.50	0.55	0.65
	> 700	> 8	0.45	0.50	0.55

Nota. (F.A.O., 2021).

2.5.3 ET estimada con tanque de evaporación

Santos (2008) destaca que el tanque ha demostrado su utilidad práctica y se ha empleado exitosamente para estimación de evapotranspiración de referencia. Esto se logra midiendo merma de agua por evaporación en un área de agua asimismo utilizando empíricos coeficientes para establecer una vinculación entre evaporación del tanque y ET_o .

2.5.4 Tanque evaporímetro de clase A.

La FAO (2011) indica que la cuantía de agua que debe ejecutarse en el riego se determina a partir de cálculos atmosféricos. Para ello, se puede utilizar el Tanque Clase A, un instrumento ampliamente empleado en condiciones de campo que permite medir la evaporación diaria en milímetros. Esta medición ayuda a estimar

volumen de agua necesario para la irrigación, tal como se ilustra en las figuras 04 y 05.

Figura 4

Tanque Clase A



Nota. Baca (2019)

FAO (2015), Describe que el Tanque Clase A es un recipiente cilíndrico construido con una plancha de metal galvanizado, con diámetro de 1,21 metros y altura de 25,4 centímetros. Se instala en una plataforma, generalmente de madera, elevada unos centímetros del suelo. El nivel de agua en la cubeta debe mantenerse entre 5 y 7 centímetros por debajo del borde.

La evaporación se calcula diariamente, semanalmente y mensualmente tomando la diferencia entre dos lecturas consecutivas del nivel de agua, utilizando un dispositivo como el Bernier (como se observa en la foto anterior), lo que ayuda a indicar la cantidad de agua evaporada.

Es apropiado efectuar las lecturas a primera hora del día y a la misma hora.

Figura 5*Tanque clase A, sobre el suelo en barbecho**Nota. Baca (2019)*

2.6 Diseño agronómico

Pizarro, (2021) destaca que el agronómico diseño es el elemento clave en cualquier plan de riego, ya que los errores en esta fase pueden tener repercusiones significativas. No importa cuán precisos sean los cálculos hidráulicos o cuán adecuada sea la selección de sistemas automatizados si el diseño agronómico inicial es incorrecto.

2.6.1 Fases del diseño agronómico:

- Cálculo de requerimientos de agua
- Establecimiento de cantidad, frecuencia además lapsa de riego. Cantidad de emisores por planta asimismo caudal del emisor.

2.6.2 Como calcular necesidades de agua para cultivos.

Olarte (2015) Afirma cuando se tiene que formular, identificar, analizar y evaluar viabilidad de cualquier proyecto de riego, es fundamental predecir con puntualidad volúmenes de agua que se requieren para conseguir producción óptima.

De acuerdo con (Pizarro, 2021) Lo que interesa saber sobre requerimientos de agua es su valor punta, en correspondencia de ello se dimensiona subsiguientemente las estructuras de riego.

2.6.3 Evapotranspiración de cultivo de referencia (ET_o).

Malvina (2012).Refiere la ET_o es un valor que nos permite conocer la demanda atmosférica, hay muchas formas de calcular, pero la más conocida se da con ecuación de Penman, Monteith, está determinado por la radiación, temperatura, humedad relativa además la velocidad del viento, la cual la FAO, estandarizo y universalizo dichos cálculos.

2.6.4 Cálculo de ET_o (evapotranspiración de referencia)

Santos (2008) Señala que existen diversas herramientas informáticas para estimar la ET_o, como el programa CROPWAT de la FAO, así como otros integrados en modelos de planificación del riego, entre los que destaca ISAREG, desarrollado y presentado por el Departamento de Ingeniería Rural del Instituto Superior de Agronomía en Portugal.

2.6.5 Coeficiente de cultivo (K_c)

Según Malvina (2012) El K_c es un valor donde relaciona el consumo de agua del cultivo con el consumo ET_o, donde su valor depende de la planta a si también de su etapa de desarrollo, en la tabla 04 se muestra el K_c, desde plantin hasta su etapa madurez del cultivo de palto, con la cual se pretende la investigación.

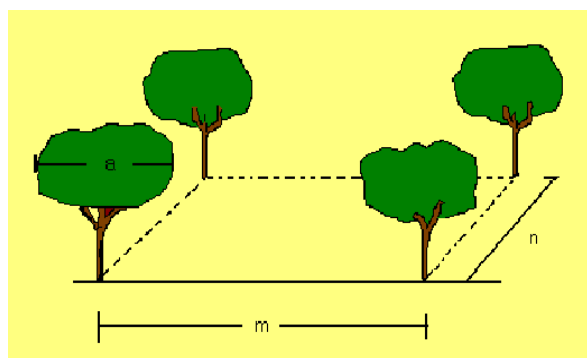
Tabla 6*Coeficientes de cultivo (K_c).*

CULTIVO	$K_{c\text{inicial}}$	$K_{c\text{media}}$	$K_{c\text{final}}$	Altura Max. (m)
CAFÉ	0,90	0,95	0,95	2 - 3
PIÑA	0,50	0,30	0,30	0,6 - 1,2
UVAS	0,30	0,85	0,45	2
PALTO	0.60	0.85	0.75	3

Nota. Boletín FAO 56, 2006.

2.6.6 Efecto de localización (K_l)

Pizarro (2021) Refiere que se propusieron números procedimientos encargados de corrección de Etc por “efecto de localización”, entre los cuales se seleccionó casos que se fundamentan en “fracción de zona sombreada del cultivo” en otras palabras las metodologías suponen que a efectos de evapotranspiración la zona sombreada se manifiesta casi similar que el área del suelo en riegos no localizados, y en la zona in sombrear erradica agua mucho menor, en la siguiente figura 07 muestra efecto de área sombreada.

Figura 6*Partes del porcentaje de área sombreada**Nota.* Baca (2019)

$$A = \frac{\pi * a^2}{\frac{4}{m * n}} \quad \text{ec. 04}$$

Donde:

- a = Área de la copa del árbol
- m = Distanciamiento entre planta y planta
- n = Distanciamiento entre surco y surco

De acuerdo con Pizarro, (1996). La ET posee dependencia de masa de follaje, volumen de copa, superficie de hojas, entre otros. y como las variables son complejas de cuantificar se simboliza en correspondencia del **% área sombreada**

- Aljibury et al. $Kl = 1,34 A$
- Decroix $Kl = 0,1 + A$
- Hoare et al. $Kl = A + 0,5(1 - A)$
- Keller $Kl = A + 0,15(1 - A)$

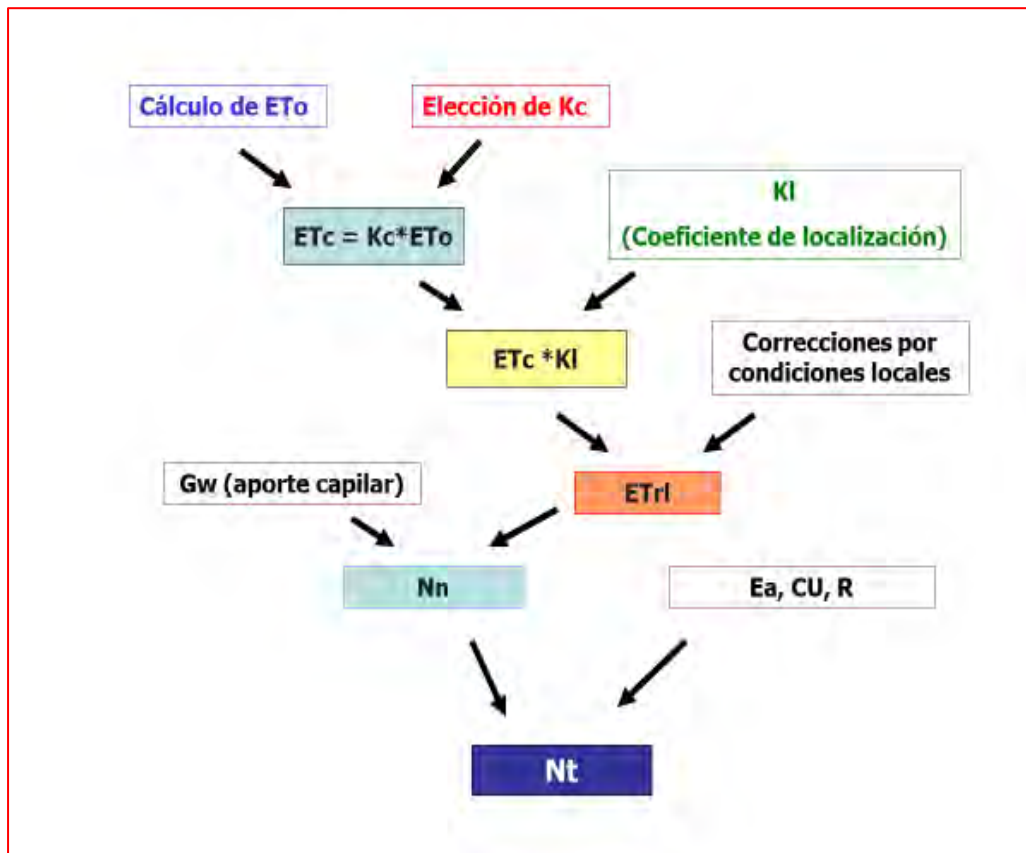
Donde:

- A = Fracción de Área Sombreada por Cultivo (al medio día)
- Kl = Factor de Localización (Se emplea para subsanar Etc.)

Figura 08 muestra la secuencia de pasos para hallar la necesidad neta total abarca desde el resultado de la Etc. y efectos de localización a continuación se detalla.

Figura 7

Secuencia de cálculos para obtener la necesidad total



Nota. Baca (2019)

2.6.7 Dosis, frecuencia y lapso de riego, cantidad de emisores por planta asimismo caudal del emisor.

Pizarro (2021) Menciona que es un conglomerado de parámetros que particularizan al riego asimismo condicionan al diseño hidráulico.

- a) **Cantidad de emisores por planta.** – indica particularidad agronómica muy relevante en riego por goteo, el porcentaje de zona mojada.
- b) **Porcentaje de superficie mojada.** – este concepto expresa en %, entre zona mojada por emisores y zona total.

c) Área mojada por un emisor. – en la situación de riego por goteo se refiere al bulbo húmedo en la cual intervienen elementos como textura, estratificación de suelo, caudal del emisor y lapso o volumen de riego. En la siguiente figura 10 se aprecia la zona mojada por emisores.

La programación del riego implica definir parámetros técnicos fundamentales como la dosis (cantidad de agua suministrada por unidad de tiempo), la frecuencia (intervalo entre cada sesión de riego) y el lapso de riego (duración de cada aplicación). “Estos factores deben ajustarse en función del tipo de cultivo, etapa fenológica, condiciones climáticas y características del suelo. A su vez, la cantidad de emisores por planta y el caudal de cada emisor determinan la eficiencia y uniformidad de la distribución del agua, asegurando que cada planta reciba el volumen necesario sin generar desperdicios ni saturación.” (Ferreyra et., 2005).

Figura 8

Superficie de área mojada



Nota. (Ferreyra et., 2005)

d) Intervalo de riego. – Se trata de la variable más flexible y, por lo tanto, la que permite mayores ajustes. Desde un enfoque agronómico, no se manifiesta

valor mínimo fijo para el intervalo de riego (I): teóricamente, podría regarse de manera continua durante las 24 horas, aunque esto presenta varios inconvenientes. Por lo general, el intervalo de riego se establece con un mínimo de $I = 1$.

e) Dosis de riego. – según Ferreyra et (2005) es la cuantía de agua en riego, la dosis es múltiplo de lámina de riego y posee dependencia de asiduidad de riego.

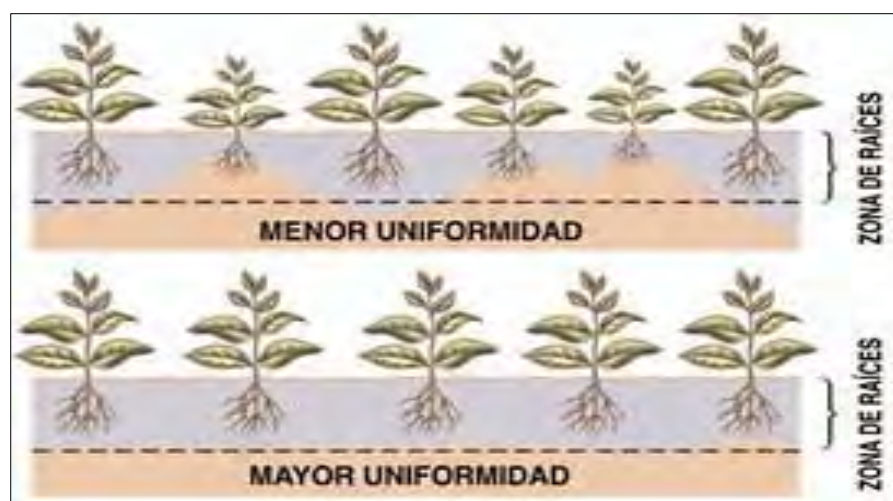
f) Tiempo de riego. - Ferreyra et (2005) Manifiesta para estimación del lapso de riego, se coteja dosis de agua con la oferta del agua del sistema.

2.7 Uniformidad

De acuerdo a Santos (2008) La uniformidad de emisión EU (%), indica variación de caudales de emisores a lo extenso de una lateral de riego.

Figura 9

Uniformidad de riego en los cultivos



Nota. Baca (2019)

2.7.1 Coeficiente de uniformidad – CU

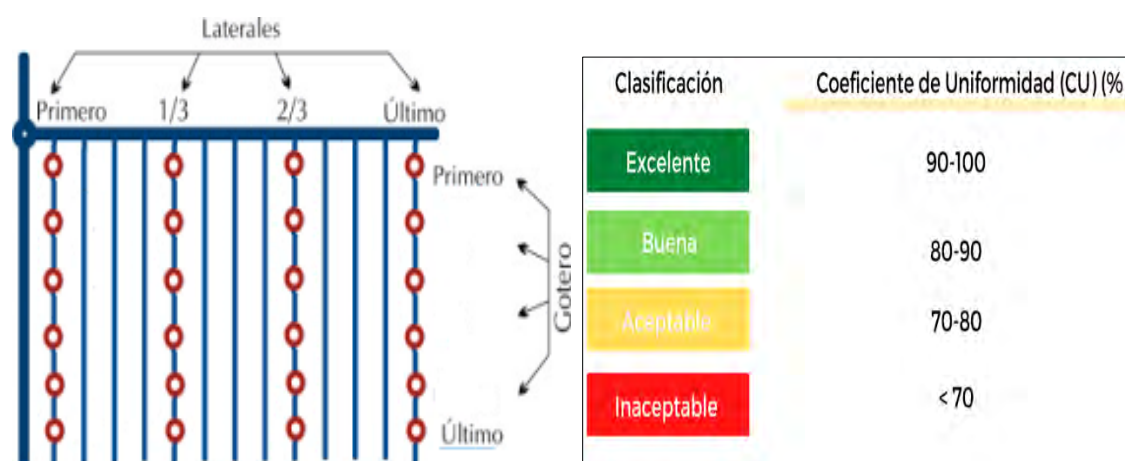
Sapir E. & Sneh, M. (2005), señala este método fue generado por J.E. Christiansen de la universidad de california, empleando la fórmula:

$$CU = \frac{Q_{25}}{Q_a} \quad \text{ec. 5}$$

- **Q₂₅**-Media de valores de 25% más bajo del registrado gasto en emisor;
- **Q_a**-Media de la totalidad de valores de gasto.

Figura 10

Valores de Coeficiente de Uniformidad



Nota. Baca (2019)

2.8 El Palto

Alfonso (2008).Indica que el aguacate es el fruto de una planta nativa de México e igualmente Centroamérica. Según evidencias arqueológicas ubicadas en Tehuacán, Puebla, que datan de hace aproximadamente 10,000 años, se ha confirmado que esta planta tiene sus raíces en México, extendiéndose posteriormente hacia Centroamérica, Venezuela, Colombia, Ecuador asimismo Perú,

El término "aguacate", utilizado en varias naciones de habla hispana, deriva del náhuatl "ahuacatl", que en lengua maya significa testículo. Su cultivo se propagó por Centro y Sudamérica y, tras la colonización, llegó a otras regiones fuera del continente americano.

En el siglo XVI, los españoles llevaron el aguacate a Europa, junto con otros productos americanos como papa, maíz, frutas tropicales y chocolate. (Durán Ramírez, 2008) Actualmente, el aguacate es una de las frutas tropicales más reconocidas a nivel global, apreciada por su valor nutricional alto, agradable sabor, versatilidad además facilidad de preparación.

2.8.1 Clasificación y descripción botánica

Alfonso (2008), indica que, correspondiente a particularidades botánicas, el aguacate se categoriza de correspondiente manera:

- Clase: Dicotiledónea
- Sub clase: Dialipétala.
- Orden: Ranales.
- Familia: Laurácea.
- Género: Persea
- Especie: americana

2.8.2 Fenología del aguacatero

Ferreyra et, (2005) señala que el aguacate exhibe comportamiento fenológico distintivo, en el cual las etapas de floración, formación y maduración de fruto, brotación vegetativa y dormancia se superponen, prolongan o acortan debido a

factores como condiciones climáticas, manejo agronómico y extensa variabilidad genética.

Las primordiales etapas fenológicas, como floración y cosecha de maduros frutos, ocurren entre enero y marzo para la variedad Booth 8, y entre septiembre y noviembre para la variedad Beneke. Benavides (2021).

2.8.3 Importancia nutricional

Alfonso (2008). Señala que, una porción de 100 g de pulpa de aguacate posee: 15.6 g de grasas, 1.6 g de proteínas, 4.8 g de carbohidratos, 24 mg de calcio, 47 mg de fósforo, 0.53 mg de hierro, 0.09 mg de tiamina, 0.14 mg de riboflavina, 1.19 mg de niacina, 14 mg de ácido ascórbico asimismo 152 calorías. Incluir el aguacate en la dieta es una excelente alternativa para ayudar a mermar niveles de colesterol en el organismo.

2.8.4 Requerimientos agroecológicos del aguacate

Alfonso (2008). Señala que la combinación de factores climáticos define viabilidad del cultivo de aguacate. Correspondientemente, se detallan requisitos climáticos necesarios para su cultivo.

- a) Temperatura.** - Para variedades antillanas las circunstancias apropiadas son diurnas temperaturas entre 25 – 30 ° C y de noche entre 15 hasta 20 ° C. Las temperaturas sobre 36 ° C generan detrimentos serios, puntualmente en fecundación asimismo cuajado, siendo relevante que suceda un lapso frío (aproximadamente 10 ° C) en invierno para incitar inducción floral.
- b) Radiación solar.** - Ramas del aguacate que reciben demasiada sombra tienden a ser improductivas, por lo que es esencial efectuar prácticas apropiadas de poda asimismo supervisar densidad de vegetación. Aunque

exposición total a la luz del sol es muy beneficiosa para siembra, tallo asimismo ramas principales son propensas a sufrir quemaduras por el sol.

De lo señalado se puede concluir que es el conjunto de ondas electromagnéticas emitidas por el sol, que llegan a la superficie terrestre e influyen en múltiples procesos biológicos, físicos y climáticos. Andrades (2019).

Esta radiación es indispensable para la vida, ya que provee la energía necesaria para la fotosíntesis, regula el clima y permite el calentamiento de la atmósfera terrestre. Sin embargo, una exposición inadecuada puede generar efectos adversos, como el deterioro de cultivos sensibles a altos niveles de radiación o problemas de salud en humanos. En el ámbito agrícola, es importante gestionar la radiación solar mediante prácticas como la poda o el uso de coberturas vegetales, para asegurar una exposición óptima de las plantas al sol. (Andrade & Muñoz León, 2019).

c) Humedad relativa. - Los óptimos niveles de humedad relativa para el aguacate oscilan entre el 75% y 80%, lo que favorece un mejor rendimiento y cuajado de las flores. Sin embargo, excesiva humedad puede provocar crecimiento de líquenes o algas en el tallo, hojas además ramas, así como fúngicas enfermedades que lleguen afectar floración, follaje, polinización además generación de frutos. (Andrade & Muñoz León, 2019).

d) Precipitación. - El aguacate requiere precipitación anual de entre 1,000 hasta 2,000 mm, apropiadamente hallados a lo extenso del año. La especie Hass necesita entre 1,200 y 1,800 mm, mientras que la Booth 8 requiere entre 1,400 y 2,000 mm (Godínez et al., 2000). No obstante, es necesario proporcionar

riego complementario en tiempo seco y las canículas, especialmente en el primer año de cultivo.

- e) **Vientos.** - Cultivo es sensible a los fuertes vientos, secos como fríos, que pueden inhibir polinización además fructificación, provocando detrimentos significativos y la caída de ramas, frutos además flores. Asimismo, los vientos pueden provocar lesiones por fricción entre ramas y frutos. Los vientos secos dañan el estigma, entorpecen vuelo de polinizadores asimismo llegan a deshidratar pequeños frutos, lo que puede llevar a su aborto. (Andrade & Muñoz León, 2019).
- f) **Altitud.** - Aguacate puede llegar a cultivarse desde nivel del mar hasta 2,500 msnm. No obstante, se brinda como recomendación su cultivo en altitudes entre 800 hasta 2,500 msnm para prevenir problemáticas relacionados con enfermedades de raíces.
- g) **Suelo.** - Los suelos apropiados para siembra de aguacate son los de textura media, como franco, franco arenoso, franco arcillo arenoso además migajón, profundos además con drenaje apropiado. El pH ligeramente ácido o neutro (5.5 hasta 7.0) facilita absorción de nutrientes esenciales y garantiza un buen crecimiento radicular. Aunque igualmente es posible cultivarlo en suelos franco arcillosos o, siempre que cuenten con drenaje adecuado. (Andrade & Muñoz León, 2019).

2.8.5 Introducción al manejo de fertilización de paltos

Torres (2011) indica que el actual enfoque para fertilización de palto se basa en aplicar fertilizantes en momentos y específicas cuantías, adaptados a las necesidades nutricionales del cultivo en cada predio.

2.8.5.1 Recomendaciones para la fertilización del palto

Sugiere que, en huertos con rendimientos bajos, los escasos de vigor en los árboles suelen estar asociada a problemas como la calidad deficiente de plantas o errores en manejo agronómico. Igualmente puede corresponder a factores como sequías, salinidad, escasos de aireación o drenaje insuficiente en suelos, lo que limita el crecimiento de brotes y afecta la producción de paltas. (Durán Ramírez, 2008)

2.8.5 Podas

Alberto Nuñez (2015). Recomienda planificar las podas en los meses posteriores a la cosecha. En años de producción baja, se brinda como sugerencia podar al inicio del invierno para aprovechamiento del crecimiento vigoroso de los brotes en primavera y formar ramas productivas nuevas. Posteriormente, se deben efectuar talas de rebaje en primavera para incitar crecimiento de laterales brotes en verano y generación de yemas florales en otoño.

2.8.6 Programación y manejo del riego en palto

Baca (2019) Destaca que la programación del riego tiene como objetivo nivelar la cuantía de agua disponible en el suelo con evapotranspiración del cultivo, asegurando que se suministre el agua necesaria de manera oportuna y adecuada.

El desarrollo vegetativo del palto depende de forma directa de disponibilidad de agua, ya que la falta de riego afecta la cantidad de flujos de desarrollo por temporada, así como altura del árbol, diámetro del tronco y sus variaciones diurnas.

2.8.7 Cosecha

Alfonso (2008). Explica que los árboles injertados suelen comenzar su producción comercial alrededor de los cinco años, y el número de frutos obtenidos varía según la variedad y los cuidados durante su desarrollo. A los cinco años se

pueden cosechar aproximadamente 50 frutos, a los seis años 150, a los 7 años 300, y a los 8 años unos 800 frutos. Variedades como Hass, Fuerte y demás de frutos pequeños pueden generar entre 1,000 hasta 1,500 frutos a los 10 años. Las diversidades de zonas bajas producen entre abril hasta agosto, las de altitudes medias entre junio hasta septiembre, y de zonas altas entre septiembre y abril. Determinar momento apropiado de cosecha puede ser complicado debido a la diversidad de variedades, condiciones ambientales, diferencias en el tiempo entre floración y cosecha, y variaciones en el contenido de aceites durante la maduración. El criterio más utilizado para determinar la madurez se fundamenta en contenido de grasa del aguacate.

2.9.8 Producción agrícola:

Alfonso (2008) Describe el proceso de cultivo y recolección de productos vegetales y animales como una actividad destinada a obtener alimentos, materias primas y otros bienes útiles para diversas industrias. De manera más amplia, incluye todas las acciones relacionadas con cultivo de la tierra para producción agrícola, así como cría de animales para obtención de alimentos (como carne, leche y huevos) y otros derivados.

2.9.9 rendimiento:

En el ámbito de la agronomía, el término "rendimiento" hace referencia a la cuantía de producto obtenida por unidad de superficie cultivada, expresada comúnmente en toneladas por hectárea (t/ha) o kilogramos por metro cuadrado (kg/m^2). Este concepto es crucial para medir la productividad de los cultivos y evaluar la eficacia de las técnicas agrícolas empleadas.

En agronomía, el concepto de "rendimiento" se refiere a la cantidad de producto que se obtiene por cada unidad de superficie sembrada, usualmente expresada en toneladas por hectárea o kilogramos por metro cuadrado. Rodrigo (2018) Señala que la medida resulta fundamental para determinar la productividad de los cultivos y analizar la eficiencia de las prácticas agrícolas utilizadas.

2.9.10 Características fenotípicas: En cuanto al cultivo del palto (aguacate), sus características fenotípicas se refieren a las propiedades físicas o rasgos visibles de la planta, que resultan de la interacción entre su genética y el entorno (incluyendo factores como clima, suelo y prácticas agrícolas). Estas características son fundamentales para identificar y diferenciar las variedades de aguacate y tienen directo impacto en calidad además cantidad de producción.

2.9 Marco conceptual

- **Balance hídrico:**

El balance hídrico (BH) es una metodología para organizar riegos con el propósito de administrar el agua de forma eficiente asimismo sostenible. Es parecido a "guardar la contabilidad" de la humedad en el terreno, registrando los beneficios y las pérdidas de humedad. También establece que cantidad o estrato de agua en el suelo (LAS) aumenta cuando ocurre una precipitación (P). que verdaderamente se infiltra en el suelo o cuando se utiliza de forma artificial mediante el riego (Ferreira et al., 2005).

- **Riego:**

De acuerdo con Cisneros (2003) sostiene que este riego es dotación artificial de agua a parcela para que cultivos puedan satisfacer sus necesidades hídricas y así lograr un crecimiento óptimo.

Así mismo, el Banco Mundial (2013) argumenta que para Perú el riego es primordial para producción y productividad a si también contribuye aproximadamente en dos tercios de los valores de producción y en el porcentaje elevado para las exportaciones.

- **Coeficiente Uniformidad de Christiansen (CUC):**

La uniformidad de emisión EU (%), indica variación de caudales de emisores a lo extenso de una lateral de riego, de acuerdo a (Santos, 2010).

- **Características fenotípicas del cultivo:**

El aguacate exhibe una conducta fenológica única, en la que las etapas de floración, formación, madurez de fruto, brotación vegetal además dormancia, se interrumpen, disminuyen o extienden debido a condiciones climáticas, la gestión y gran diversidad genética. Las etapas fenológicas más relevantes como floración y recolección de frutos maduros se presentan de enero a marzo en la variedad Booth 8, y de septiembre a noviembre la variedad Beneke. (Montes Hernández et al., 2014)

Producción: El proceso de producción agrícola, sin importar el tamaño del terreno, el tipo de producto o la tecnología utilizada, incluye las tareas de preparación de suelo, fertilización, plantación, irrigación, control de plagas, recolección, almacenaje y distribución, entre otras. Alfonso (2008).

2.10 Antecedentes empíricos de estudio

2.10.1 Antecedentes Internacionales

Gavilán & Farias (2018) Evaluaron el uso del método de Cenirrómetro como opción para programar el riego por aspersión en cultivo de cacao (*Theobroma cacao*). El estudio se realizó en una finca cacaotera de costa ecuatoriana, comparando esta

metodología, generada por Cenicaña en Colombia, con técnicas basadas en el tanque de evaporación clase A y tensiómetros. En la plantación de cacao CCN-51 con riego por aspersión subfoliar, se seleccionaron 16 aspersores en dos módulos de riego para calcular la precipitación promedio. Además, se analizaron las particularidades del suelo para determinar parámetros como capacidad de campo, densidad aparente además punto de marchitez, empleando modelo Soil Water Characteristics del USDA. Para medir la evaporación, se emplearon depósitos plásticos, uno con el método del Cenirrómetro y otro simulando el tanque clase A. Con un umbral de riego de 0.25, un coeficiente de cultivo de 1.10 y una profundidad radicular de 300 mm, se estableció una lámina constante de 16 mm para el Cenirrómetro. Se midieron parámetros como frutos/planta, dimensiones de los frutos además rendimiento de granos secos en 15 plantas por método. Los resultados, estudiados con la prueba t, confirmaron la eficacia del Cenirrómetro como una opción viable para la programación del riego en cacao.

Andalucía (2021) Investigó los efectos combinados de poda y riego por goteo en fenología y rendimiento del cacao (*Theobroma cacao* L.), considerando que solo una pequeña proporción de las plantaciones de cacao a nivel mundial son irrigadas. La disponibilidad de agua afecta la expansión de la copa y la interceptación de luz, mientras que una poda adecuada favorece la formación de cojines florales para futuros frutos. Entre 2017 y 2018, se evaluaron estas interacciones en una plantación de cacao injertado de siete años en Mercaderes, Cauca, Colombia, bajo 2 láminas de riego (L-100% y L-0%) y 2 tipos de poda (tradicional y tecnificada). Las variables analizadas incluyeron rendimiento, aspectos fitosanitarios y fenológicos, empleando diseño de completos bloques al azar. El análisis de datos con software R mostró que

el manejo combinado de riego y poda incrementó rendimiento, permitió programación de cosechas y mejoró la calidad de frutos.

(Domínguez (2019) estudió el impacto del riego por goteo y microaspersión en productividad del cacao clonal CCN-51 en Granja Experimental Chongón, Provincia del Guayas, Ecuador. Los objetivos incluían evaluar parámetros hidráulicos y agronómicos de ambos sistemas de riego, determinar requerimientos hídricos del cacao utilizando el Cenirrómetro y la tina de evaporación, y validar tecnologías que optimicen el uso del agua. Los resultados indicaron que el riego por goteo con 80% de láminas programadas incrementa el rendimiento sin afectar la producción anual por hectárea. Asimismo, el beneficiado del cacao CCN-51 mediante presecado mejoró la calidad física y química del grano, aunque no alcanzó el aroma característico del cacao nacional.

Fuentes (1999) desarrolló un estudio sobre el diseño de sistemas de riego para diversos cultivos en el agro ecuatoriano, destacando la necesidad de tecnificación e inversión en el sector agrícola para combatir la pobreza y optimizar condiciones de vida de comunidades rurales. El proyecto se efectuó en la Granja Experimental Limoncito de Universidad Católica de Santiago de Guayaquil, en el cual se diseñaron módulos de riego bajo diferentes sistemas de irrigación para usar eficientemente el recurso hídrico. Se enfatizó la importancia de vincular la educación universitaria con el desarrollo agrícola, promoviendo prácticas sostenibles que beneficien a comunidades vulnerables en zonas de alto riesgo ambiental. El manejo automatizado del sistema de riego permitió satisfacer necesidades hídricas de cultivos y optimizar uso del recurso humano.

2.10.2 Antecedentes Nacionales

Casquina y Yarice (2017) evaluaron el manejo del riego por aspersión en cultivo de papa (*Solanum tuberosum* L.) utilizando tanque clase A, asegurando la ejecución precisa de la lámina de agua necesaria en las cuatro fases de cultivo. Durante el mes de agosto, el riego se efectuó cada 4 días; en septiembre, cada 5 días; en octubre, nuevamente cada 4 días; y en noviembre, cada 5 días. La duración del riego varió según la etapa: 7 horas para la preparación del suelo, 2 horas en agosto, 3 horas en septiembre, 6 horas en octubre y noviembre, y 2 horas durante diciembre y enero.

El estudio también incluyó el cálculo de Coeficiente de Uniformidad de Christiansen (CUC) y porcentaje de traslape. Para ello, se instalaron varillas con colectores de 1 litro en subunidades de 3 x 3 metros, cubriendo un diámetro de 21 metros. Después de 2 horas de funcionamiento, se midieron los volúmenes de agua recolectados con probetas milimetradas de 250 ml. Los resultados indicaron una uniformidad regular en la aplicación del agua, con valores de 75% en la primera evaluación y 78% en la segunda.

Analizó demanda hídrica en siembra de papa especie Canchan en un método de riego por goteo. El análisis se efectuó entre 1 de julio y 30 de noviembre de 2016 en Parcela C-2 de Centro Agronómico K'ayra, correspondiente a la UNSAAC, distrito de San Jerónimo.

El propósito principal del estudio fue estimar la necesidad hídrica de siembra de papa empleando riego por goteo en las condiciones agroclimáticas de la región.

El estudio, de tipo descriptivo, incluyó cuatro parcelas con diferentes factores de agotamiento (0.25, 0.35, 0.45 además 0.55). La necesidad hídrica se determinó empleando tanque evaporímetro categoría A, tomando en cuenta información de

humedad relativa, velocidad de viento además precipitación, conseguidos de Estación Meteorológica Agrícola Principal de Kayra. Asimismo, empleó tabla detallada por Boletín 56 de la FAO, procesando información en una planilla de riego.

En un lapso de 153 días, el cultivo de papa demandó 2,484.8 m³/ha de agua, de los cuales se aplicaron 2,642.2 m³/ha mediante riego. Todas las plantas recibieron cantidades uniformes de agua, asegurando una correcta distribución. La parcela con el factor de agotamiento de 0.25 mostró el mejor rendimiento, alcanzando una producción de 48,060 kg/ha. Este resultado indica que cultivo de papa no debe mermar más de 25% del agua disponible en el suelo, ya que mayores pérdidas reducen significativamente su rendimiento.

III. HIPÓTESIS Y VARIABLES

3.1 Hipótesis

a) Hipótesis general

El riego localizado por goteo Autocompensado tiene relación con el rendimiento y comportamiento agronómico del cultivo de palto (*Persea americana*) de las variedades Hass y Fuerte en el Fundo Verde, distrito de Maranura, provincia de La Convención – 2021.

b) Hipótesis específicas

- La demanda hídrica estimada mediante el tanque evaporímetro Clase A y Penman-Monteith tiene relación con la producción agrícola del cultivo de palto.
- El diseño agronómico tiene relación con la producción agrícola del cultivo de palto.

- El coeficiente de uniformidad del riego por goteo Autocompensado guarda relación con la producción agrícola del cultivo de palto.
- El rendimiento y las características fenotípicas del cultivo de palto influyen significativamente en la producción agrícola. del cultivo de palto.

3.2 Identificación de variables e indicadores

- a) **Variable independiente:** Riego localizado por goteo Autocompensado
- b) **Variable dependiente:** Producción agrícola.

3.3 Operacionalización de variables

Tabla 7

Operacionalización de variables

VARIABLE	DIMENSIÓN	INDICADOR
VI: RIEGO POR GOTEO AUTOCOMPENSADO	- Demanda Hídrica	- Volumen de agua repuesta (necesidades netas (mm/día)
	- Plan de diseño Agronómico	- Indicación de dosis, frecuencia además lapsa de riego - Cantidad de emisores por planta - Caudal de emisor (l/s)
	- CUC de riego	- CUC de riego (%)
	- Balance hídrico	-m3/ha/mes
	- Infiltración	- mm/h
VD: PRODUCCION AGRÍCOLA.	-Rendimiento	-Rendimiento (kg/ha).
	-Características	- Tamaño del fruto (cm).
	-fenotípicas del cultivo	- Peso del fruto (kg).
		- Longitud foliar (cm).

Nota. Elaboración propia

IV. METODOLOGÍA

4.1 Ámbito de estudio

El análisis se efectuó en el fundo verde, de propiedad del Sra. Luisa Sayre Huanca, en la campaña 2021-2022, cuya ubicación es:

a) Localización política

- Región : Cusco
- Provincia : La Convención
- Distrito : Maranura
- Sector : Mandor

b) Ubicación geográfica (coordenadas UTM)

Se ubica geográficamente en la región de Ceja de Selva del Cusco, en el sector de Mandor. Cartográficamente, el área de interés se localiza íntegramente en la Carta Nacional Quillabamba (Hoja 26-q), Su ubicación técnica, referida al sistema de proyección UTM WGS84, Zona 18, cuadrícula L, hemisferio Sur.

- Altitud : 1026 msnm
- Este : 752475.54 E
- Norte : 8572766.83 N

4.2 Tipo de investigación

El análisis es Aplicada, con el objetivo de producir conocimiento valioso para la mejora del riego en el cultivo de palto, a través de la evaluación de la demanda de agua con un tanque evaporímetro Clase A y la ecuación de Penman monteith, de enfoque o método cuantitativo

a) Nivel de investigación

El análisis es descriptivo y correlacional, examinó variables concretas (tales como la demanda de agua, el coeficiente de uniformidad en el riego, el rendimiento y las características fenotípicas). Además, existe un elemento de correlación, las interacciones entre el sistema de riego y las propiedades productivas del cultivo de palto.

4.3 Unidad de análisis

El sistema de riego por goteo Autocompensado, así mismo el cultivo de palto

4.4 Población

Se cuenta con un total de 0.5 ha lo cual para efecto de estudio de tomo 0.25 ha, de palto variedad Hass y Fuerte, a una distancia entre plantas y calles de 5x5m, lo cual se tendría:

$$N^{\circ} \text{ Plantas} = \frac{\text{area } m^2}{(\text{calles})(\text{filas})} \quad \text{ec. 6}$$

$$N^{\circ} \text{ Plantas} = \frac{2500m^2}{(5)(5)} = N^{\circ} \text{ plantas} = 100$$

4.5 Tamaño de muestra

Muestra es probabilística considerada para desarrollo del análisis, se estimó considerando la fórmula de población finita respetando los correspondientes datos.

$$n = \frac{z^2 * p * q * N}{e^2(N-1) + z^2 * p * q} \quad \text{ec. 7}$$

$$n = \frac{1.95^2 * 0.5 * 0.5 * 100}{0.05^2(100 - 1) + 1.95^2 * 0.5 * 0.5}$$

$$n = 79$$

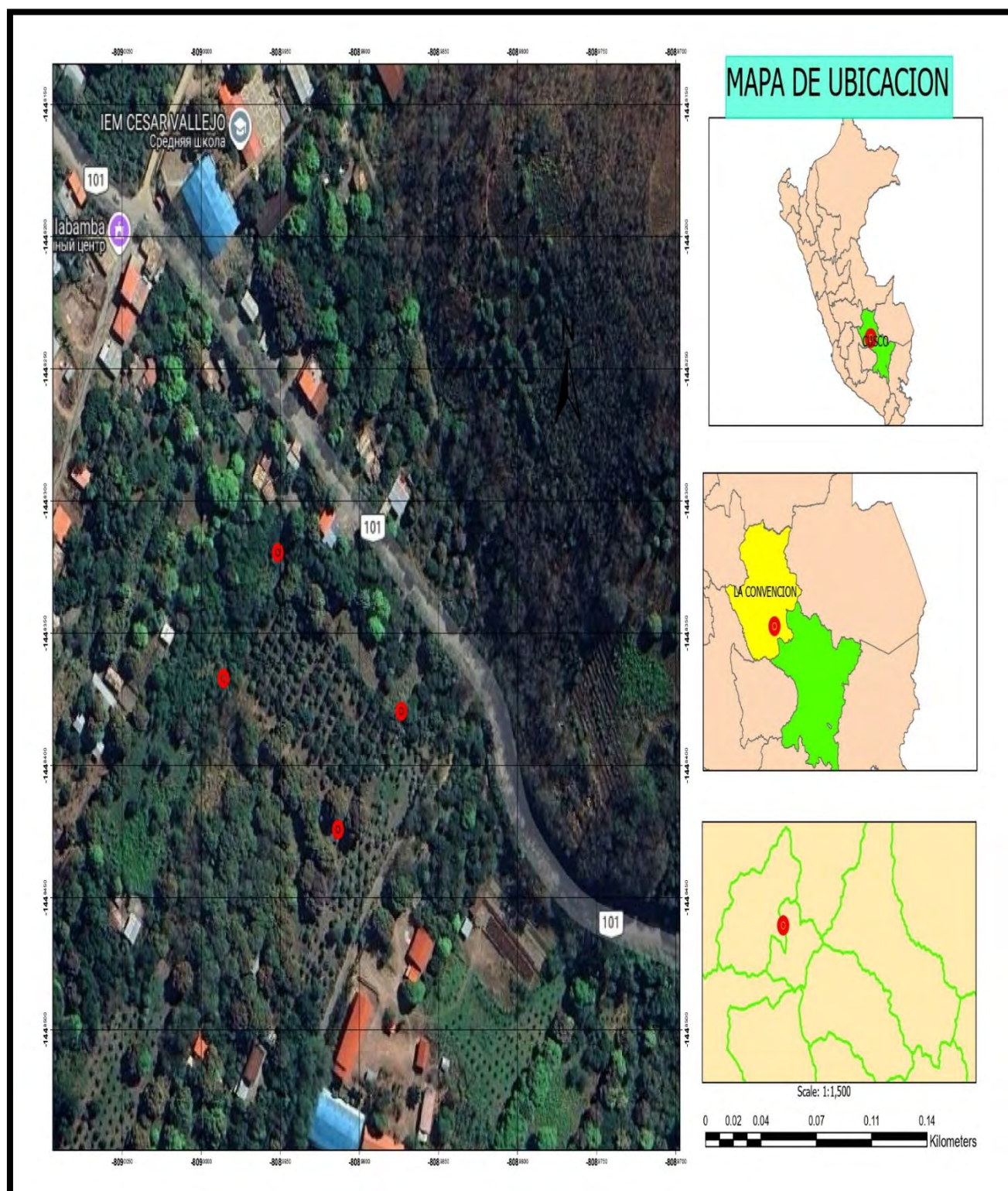
En el cual:

- n = tamaño de muestra
- N = población (100) plantas
- z = nivel de confianza 95%, adaptado a la tabla normal, ($z=1.95$)
- p = posibilidad de éxito acerca de preguntas 50% en otras palabras 0.5
- q = posibilidad de fracaso representado por 50% en otras palabras 0.5
- e = margen de error ($\pm 5\% = 0.05$)

Se trabajó con 0.25 ha, procesando esta área en la ec. 6, se tiene la cantidad de 100 árboles y de estas se tendría de acuerdo a la ec. 7, la cantidad de 79 plantas que serán la muestra en este estudio, debido a la factibilidad de la manipulación de las unidades de muestreo y recolección de datos.

4.6 Técnicas de elección de muestra

Técnica de Muestreo Dirigido (Intencional), se empleó un muestreo no probabilístico. Este método permitió la elección de un conjunto de plantas uniformes de tres años de edad, pertenecientes a las variedades Hass y Fuerte, descartando aquellas plantas de menor desarrollo o recién recaladas, con el objetivo de garantizar la representatividad del estudio.

Figura 11*Mapa de Ubicación del área de estudio*

Nota: ArcGIS pro

4.7.1 Materiales para la investigación

Materiales

- Goteros Autocompensado (0 – 70l/h)
- Codos T 1"
- Niples 1"
- Teflón
- Conectores (tapón para manguera 16mm)
- Mangueras polietileno de 16mmx500m
- Mangueras 1" y $\frac{3}{4}$
- Libreta de campo
- Llaves hexagonales
- Terocal
- Saca bocado
- Recipiente de plástico (1/2L)
- Estacas, cordel
- Pico, pala
- Tijera de podar
- Serrucho
- Filtros de anillas 2"

- Válvula de aire 1"
- Cierra
- Llave de paso

Insumos

- Fertilizantes N, P, K + micronutrientes (granulados, yaramila complex)
- Urea (46% Nitrógeno)
- Cloruro de potasio (60% K₂O)
- Fosfato di amónico (18-46-0)
- Fungicidas: Phyton 27 (sulfato de cobre pentahidratado), Aliette WG (fosetil aluminio)

Equipos

- GPS garmin +/-3m error
- Nivel de albañil
- Infiltrómetro de doble anillo concéntrico
- Tanque clase A
- Vernier
- Manómetro (medidor de presión, bar)
- Cámara fotográfica
- Laptop
- USB 8GB

- Calculadora científica

Paquetes de computación

- Cropwat 8.0
- PETP V2.0.0 (software creado; Cesar Vidal Gutiérrez Ninahuaman)
- Climwat 2.0
- Programas Microsoft office (Excel, Word, Power point)
- Planillas de demanda hídrica o lámina de agua
- Planillas de balance hídrico
- Planillas para el diseño agronómico
- Planillas de infiltración
- Datos climatológicos

4.7.2 Descripción de las actividades

4.7.2.1 Trabajos preliminares

a) Reconocimiento del área

Antes de realizar la experimentación, se realizó las siguientes observaciones:

- **Del sistema de riego**
 - Recurso hídrico, se verifico la fuente de agua principal, así mismo la captación, desarenador y líneas de distribución
 - Hidrante, se midió la presión para la compra de mangueras, según presión nominal, como también se hizo la compra de conectores, codos y goteros,

- **Características del suelo**

- Localización (UTM, Este: 752595, Norte :8572704)
- Dimensiones (0.5ha, indica la totalidad de área del productor)
- Densidad de cobertura vegetal (300 plantas, en su totalidad)
- Existencia de rocas y otros obstáculos artificiales o naturales en superficie (describo el terreno donde están instaladas los árboles de palto)
- Colindantes, presentan plantaciones de cítricos, café, y palto

- **Cultivo**

- Se observó variedades de palto Hass y fuerte en la plantación, de 2 y 3 años de edad.
- Características morfológicas, como altura, color de fruto, tamaño de frutos, peso de frutos.
- Se obtuvo datos de rendimiento del cultivo, plagas principales existentes en la zona.

- **Época de operación**

Se realizó en la época de estiaje o en todo caso coincidió en la época donde existe poca precipitación pluvial en periodos de mayo, junio, julio además agosto

4.7.2.2 Análisis físico-químico del suelo

Se procedió a recoger una muestra del suelo, cada muestra tomada en la 0.5 ha, de la parcela de estudio, se procedió a homogenizar y a etiquetar un kilo, y fueron

llevadas a un laboratorio (Facultad de Agronomía y Zootecnia, UNSAAC) de análisis de suelo, y se conoció la clase textural, humedad, densidad aparente y porosidad, así como la fertilidad del suelo, (se adjunta doc. ver anexos)

4.7.2.3 Análisis de agua

Se hizo análisis de agua con el fin de conocer elementos o sales que componen, sólidos disueltos con la finalidad que los goteros no se obstruyan y garantice un buen riego, para ello se cogió un recipiente de medio litro de capacidad para tomar la muestra, una vez ya teniendo los resultados el agua es apto para riego y con las condiciones para realizar el fertirriego, (ver anexos).

4.7.2.4 Datos climáticos

Se obtuvo datos climáticos, que fue proporcionada por estación meteorológica más próxima al área de análisis según SENAMHI, para verificar y poder adquirir datos más aproximados y confiables, estos datos ayudaron a obtener el balance hídrico, así como comparación de demanda hídrica con uso del tanque clase A, (se adjunta doc. ver anexos)

4.7.2.5 Instalación del tanque clase A

Se instaló en el área representativa del cultivo de palto en las calles entre hilera a hilera, así evitar la sombra que perjudicaría la lectura de los datos de evaporación así mismo se niveló el terreno, este tanque se instaló una plataforma de piedras a 10 cm de altura, la lectura fue semanal del tanque y nos proporcionó la ETo. (Evapotranspiración de referencia) del cultivo, cabe indicar que esta toma de datos semanal por ser cultivos perennes lo cual también se aplicó la ecuación de penman monteith con el uso del software PETP V2.0.0, utilizando datos climáticos proporcionado por SENAMHI.

4.7.2.6 Fertilización del cultivo

Se hizo la fertilización con el propósito de ayudar al cultivo a mejorar la calidad del fruto así mismo el resultado de análisis de suelo nos sirvió para hacer la dosificación de un plan de fertilización.

El diseño de un plan de fertilización efectivo se fundamenta en el análisis del suelo, el cual permite ajustar las dosis de nutrientes de forma precisa y adecuada al estado real del perfil químico del terreno. Esta metodología no solo optimiza la calidad del fruto, sino que también mejora el rendimiento del cultivo al aplicar fertilizantes de forma inteligente y sostenible (Martínez, 2012)

4.7.2.7 Poda

Se realizó la poda del cultivo como poda de mantenimiento, poda de sanidad y poda producción con el fin de darle un buen manejo agronómico e incentivar la floración para su posterior cuajado.

4.7.2.8 Rendimiento del cultivo

Se determinó pesando el fruto y obteniendo el número de frutos obtenidos de la muestra de árboles de palto

4.7.2.9 Características fenotípicas

Se obtuvo los frutos y se procedió a:

- Medir el tamaño del fruto (cm)
- Peso del fruto (kg)
- Medir el tamaño foliar de hojas más grandes y anchas (cm)

4.7.2.10 Diseño agronómico

Se desarrolló de acuerdo a la metodología planteada por Pizarro (1996) y describe de la siguiente forma:

- Cálculo de requerimientos de agua de cultivo (mm)
- Cálculo de ETo (Evapotranspiración de referencia, mm/día).
- Elección de k_c del cultivo, para las 4 etapas de desarrollo de cultivo (inicio, desarrollo, media además maduración).
- Cálculo Etc. (evapotranspiración de cultivo, mm/día)
- Efecto localización, esta corrige la ET_c , se basa en el área sombreada del marco de plantación.
- Necesidades netas (mm)
- Eficiencia de ejecución (%)
- Dosis de riego
- Frecuencia de riego (días)
- Cálculo de cantidad de emisores por planta
- Porcentaje de área mojada (%)
- Área mojada por emisor
- Tiempo de riego (h)

4.7.2.11 Balance hídrico

Este dato, es el análisis de oferta y demanda del agua, se halló mediante las planillas Excel, lo cual se presentó en la tesis.

4.7.2.12 Coeficiente de uniformidad (CU)

Una vez instalado el riego por goteo autocompensado en el cultivo, para conocer cuántos litros por hora, cada emisor está dotando, se realizó las pruebas de uniformidad que indico; si está saliendo la cantidad de agua en tiempo real al cultivo. para ello se instaló con recipientes que hicieron de pluviómetros y una probeta milimetrada para el cálculo del caudal de cada gotero.

Se indicó por medio de la metodología detallada por (Pizarro.1996), menciona la ecuación más utilizada para determinar es descrita por Christiansen en 1942. No obstante, para sistemas de riego por goteo se emplean criterios rigurosos y define un nuevo criterio de coeficiente de uniformidad CU.

$$CU = \frac{q_{25}}{q_a} \quad \text{ec. 5}$$

Donde:

- Caudal medio de totalidad de emisores de instalación.
- Caudal medio de emisores que conforman 25% demás bajo caudal.

4.7.2.13 Pruebas de infiltración

Se realizó con la metodología de anillos concéntricos, asimismo se empleó el Infiltrometro de doble anillo, y los datos obtenidos dieron información acerca de velocidad de infiltración (mm/h), es decir permitió conocer en cuanto tiempo se encharca ese suelo, se realizó de acuerdo a la metodología planteada por Cisneros (2003).

4.7.2.14 Manipulación de sistema de riego por goteo Autocompensado

Es esencial considerar elementos técnicos y de mantenimiento para gestionar sistema de riego por goteo autocompensado para asegurar desempeño óptimo. A continuación, se detallan las etapas fundamentales.

a) Instalación y configuración inicial:

La adecuada implementación de sistema de riego autocompensado garantiza un desempeño eficaz. Es vital comprobar la presión de entrada, dado que los emisores autocompensados funcionan dentro de un espectro determinado, usualmente entre 10 y 50 psi. Si se requiere, se debe emplear un regulador de presión. (MINAGRI, 2015).

b) Ajuste del caudal:

En los sistemas autocompensados, el flujo de agua permanece constante, sin importar las fluctuaciones de presión. No obstante, si una planta necesita más agua, es posible incorporar emisores extra o sustituirlos por modelos de mayor caudal Martínez Ferri (2021). Esta modificación facilita la personalización del sistema de acuerdo a las demandas de cada cultivo o clase de planta.

c). Encendido y apagado del sistema:

La gestión operacional del sistema conlleva la apertura y cierre de válvula principal para regular paso del agua. Es crucial supervisar que los emisores operen adecuadamente y no estén bloqueados (Pérez & Castillo, 2016) Una vez concluido el período de riego, es necesario cerrar la válvula para prevenir el derroche de agua y preservar los elementos del sistema.

La operación del sistema de riego requiere abrir y cerrar la válvula principal para controlar el flujo de agua, supervisando constantemente que los emisores

funcionen correctamente y no presenten obstrucciones. Al respecto (Drippo, 2016). Tras completar el ciclo de riego, es fundamental cerrar la válvula para evitar el desperdicio de agua y prolongar la vida útil de los componentes del sistema.

d) Mantenimiento preventivo:

Es fundamental el mantenimiento para extender la durabilidad del sistema. Esto abarca la limpieza regular de los filtros para prevenir bloqueos en los emisores, la revisión de las tuberías para detectar fugas y la remoción de sedimentos acumulados a través del lavado de las líneas (Ruiz & Hernández, 2020). Estas medidas garantizan un riego homogéneo y eficaz.

4.8 Técnica de análisis e interpretación de datos:

Los datos recogidos fueron representados en tablas y graficas dinámicas de información acerca de las variables y sus indicadores de estudio, empleándose el software SPSS.

4.9 Técnica para demostrar falsedad o verdad de hipótesis

Se plantean correspondientes hipótesis estadísticas.

4.9.1 Hipótesis nula (H_0)

El riego localizado por goteo autocompensado no mejora significativamente la producción y productividad del palto en el fundo verde, del distrito de Maranura, provincia de La Convención, Región Cusco.

4.9.2 Hipótesis Alterna (H_a)

El riego por goteo autocompensado mejora significativamente la producción y productividad del palto en el fundo verde, distrito de Maranura, provincia de La Convención, Región Cusco.

La contrastación de hipótesis se realizará mediante análisis de correlación de Spearman y modelos de regresión lineal simple y múltiple, según la naturaleza de las variables estudiadas. Se empleará un nivel de significancia de $\alpha = 0.05$ y el procesamiento se efectuará mediante el software SPSS.

4.10 Restricciones y Control de Variables Críticas (Limitaciones Técnicas)

El rigor científico de la presente investigación se fundamentó en la mitigación de factores externos que pudieron comprometer la integridad de los datos hídricos y productivos. Se identificaron las siguientes limitaciones técnicas y sus respectivas acciones de control:

- **Inestabilidad de la Infraestructura de Filtrado:** Se determinó una deficiencia operativa en el desarenador de la red principal de riego, lo que provocaba una intrusión constante de sedimentos y arenillas hacia el cabezal de control. Ante el riesgo de colmatación de los laberintos de los emisores Autocompensado, se implementó un protocolo de mantenimiento crítico, consistente en la limpieza manual de los filtros de anillas cada dos horas de operación y un lavado de líneas semanal. Esto garantizó que el Coeficiente de Uniformidad (CU) medido sea reflejo del diseño agronómico y no de obturaciones accidentales.
- **Fluctuaciones de Presión por Gestión de Turnos:** La dinámica de riego en el sector de Mandor, basada en turnos, representó una limitación en la estabilidad de la presión nominal. Para evitar que la membrana de los goteros

trabajara fuera del rango de autocompensación, se realizó una gestión de sensibilización técnica con los usuarios colindantes, logrando un flujo laminar y constante durante las ventanas de evaluación.

- **Consistencia del Monitoreo Fenológico Anual:** El seguimiento de la Evapotranspiración (ET_o) y las variables fenológicas se extendió de enero a diciembre, cubriendo todas las fases críticas del cultivo. Para asegurar la continuidad, se establecieron mecanismos de protección y mantenimiento preventivo del Tanque Clase A, mitigando errores de lectura por evaporación no controlada o intervención de agentes externos.

V. RESULTADOS Y DISCUSION.

5.1 Procesamiento, análisis, interpretación y discusión de resultados

5.1.1 parcela de investigación

El estudio efectuado en el fundo verde, sector de Mandor, distrito de Maranura, teniendo un área total de 0.5 ha, para efectos de estudio se realizó en 0.25 ha, con cultivo de palto, variedad hass y fuerte, esta parcela está ubicado según coordenadas UTM; 752501 E, 8572717 N, con una altitud de 1027 msnm.

Figura 12

Perímetro de área de parcela de investigación



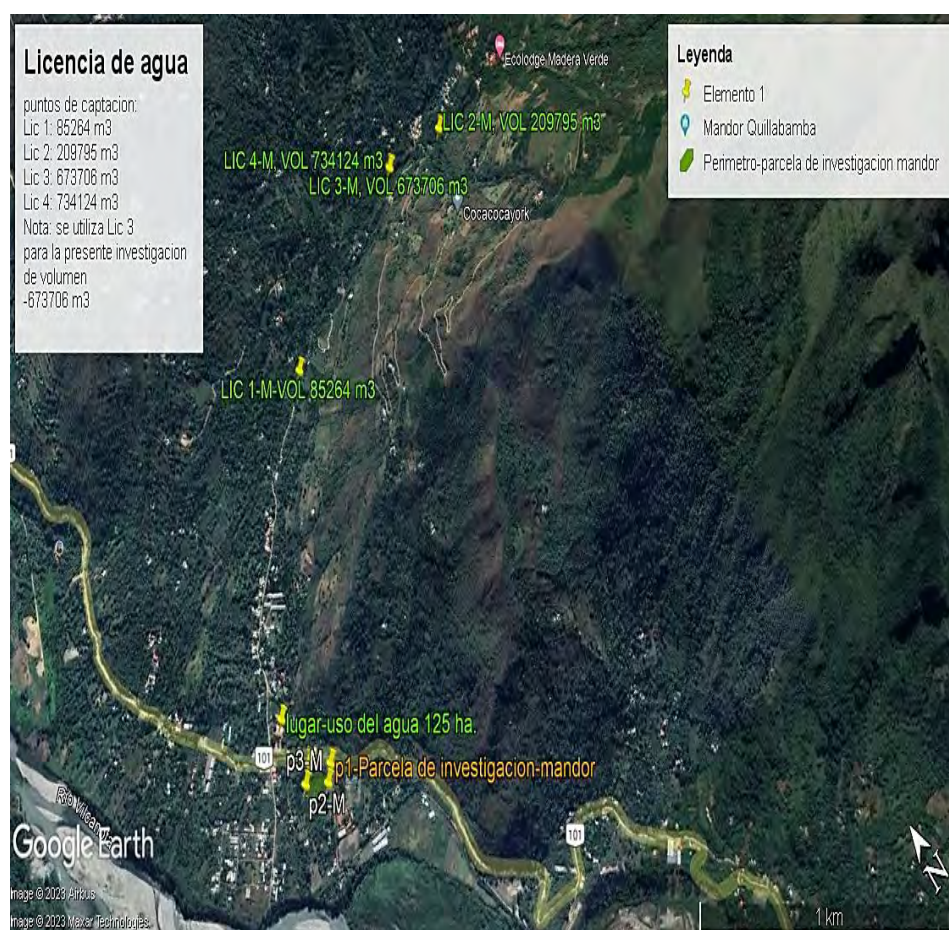
Nota. Google Earth Pro

5.1.2 Punto de captación de fuente hídrica

Cabe señalar que según resolución directoral N° 0780-2022-ANA-AAA.UV, donde menciona que la licencia de agua otorgada se tiene 4 puntos de captación la cual en el análisis se empleó la licencia de agua N° 03 con un volumen ofertado 673,706 m³, que se tiene ubicado en la coordenada UTM; 753815 E, 8573785N, para veracidad del volumen ofertado y del documento oficial se adjunta licencia de agua en anexos, pag. 142

Figura 13

Puntos de fuente hídrica según licencia de agua



Nota. Google Earth Pro

5.1.3 Balance hídrico

A continuación, se realiza el análisis del balance hídrico para el cultivo de palto, para ello se tuvo la obtención de datos del tanque evaporímetro clase A, la lectura se obtuvo semanal, debido a que el cultivo en estudio es perenne y de largo estado fenológico entre la etapa desde la poda hasta la floración, maduración y llenado de fruto.

Figura 14

Toma de datos sobre la evaporación del agua



Nota. propia

Figura 15

Lectura del tanque evaporímetro (Epam), 8.37mm que evaporó en el día



Nota. propia

Se debe recordar que para hallar la E_{To} (evapotranspiración de referencia), se realiza de acuerdo a Baca (2019), el tanque clase A nos ayuda a ver cuánto de agua ha evaporado diariamente expresada en mm.

$$E_{To} = K_p * E_{pan} \quad \text{ec. 04}$$

En el cual:

- E_{To} = Evapotranspiración de referencia [mm día-1]
- K_p = Coeficiente de tanque evaporímetro [-],
- E_{pan} = Evaporación de tanque evaporímetro [mm día-1].

Tabla 8

Coeficientes de tanque evaporímetro (K_p) para tanque clase A, para varias localizaciones asimismo ambientes de tanques y diversos valores de velocidad media de viento además humedad relativa

Tanque Clase A	HR media	Caso A: Tanque situado en una superficie cultivada			Caso B: Tanque situado en un suelo desnudo		
		baja < 40	media 40-70	alta > 70	baja < 40	media 40-70	alta > 70
Velocidad del viento (m s ⁻¹)	Distancia del cultivo a barlovento (m)	Distancia del barbecho a barlovento (m)					
Baja < 2	1	,55	,65	,75	1	,7	,8
	10	,65	,75	,85	10	,6	,7
	100	,7	,8	,85	100	,55	,65
	1 000	,75	,85	,85	1 000	,5	,6
Moderada 2-5	1	,5	,6	,65	1	,65	,75
	10	,6	,7	,75	10	,55	,65
	100	,65	,75	,8	100	,5	,6
	1 000	,7	,8	,8	1 000	,45	,55
Alta 5-8	1	,45	,5	,6	1	,6	,65
	10	,55	,6	,65	10	,5	,55
	100	,6	,65	,7	100	,45	,5
	1 000	,65	,7	,75	1 000	,4	,45
Muy alta > 8	1	,4	,45	,5	1	,5	,6
	10	,45	,55	,6	10	,45	,5
	100	,5	,6	,65	100	,4	,45
	1 000	,55	,6	,65	1 000	,35	,4

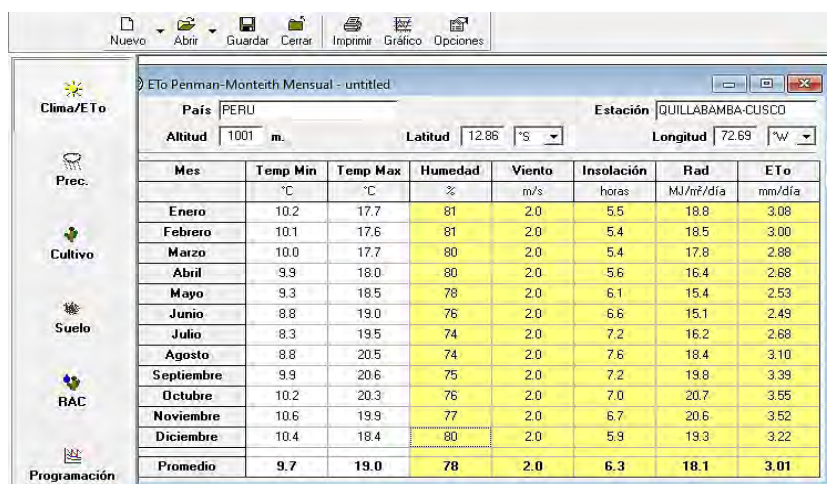
Nota. (FAO, 2015) Riego y drenaje

Conforme la Imagen 3, la selección del coeficiente de tanque clase A (K_p) requiere de la velocidad del viento y la humedad relativa. Para ello, se analizó la precipitación mensual del SENAMHI (vía visor ANA) con una serie histórica de 28 años. Asimismo, ante la falta de registros terrestres locales completos, las variables de T_{media} , T_{max} , T_{min} , V_v y HR se extrajeron de la plataforma satelital NASA POWER para un periodo de 15 años; una alternativa científicamente validada para suplir vacíos de información. Finalmente, con estas medias históricas de viento y humedad, se logró determinar el valor correspondiente del coeficiente K_p .

Teniendo Temperatura máxima ($^{\circ}\text{C}$) y mínima ($^{\circ}\text{C}$), se procedió a exportar al programa Cropwat versión 8.0, lo cual procesando los datos se obtuvo velocidad del viento (m/s) y Humedad (%) y el resultado fue la siguiente.

Figura 16

Cálculo humedad, velocidad de viento y E_{to} Penman Monteith



The screenshot shows the 'ETo Penman-Monteith Mensual' software interface. The title bar indicates the file is 'untitled'. The main window contains a table with monthly climate data for Quillabamba-Cusco, Peru. The table includes columns for Month, Minimum Temperature, Maximum Temperature, Humidity, Wind Speed, Insolation, Radiation, and ETo. The data is presented for each month from January to December, along with a monthly average (Promedio).

Mes	Temp Min $^{\circ}\text{C}$	Temp Max $^{\circ}\text{C}$	Humedad %	Viento m/s	Insolación horas	Rad $\text{MJ/m}^2/\text{día}$	ETo mm/día
Enero	10.2	17.7	81	2.0	5.5	18.8	3.08
Febrero	10.1	17.6	81	2.0	5.4	18.5	3.00
Marzo	10.0	17.7	80	2.0	5.4	17.8	2.88
Abril	9.9	18.0	80	2.0	5.6	16.4	2.68
Mayo	9.3	18.5	78	2.0	6.1	15.4	2.53
Junio	8.8	19.0	76	2.0	6.6	15.1	2.49
Julio	8.3	19.5	74	2.0	7.2	16.2	2.68
Agosto	8.8	20.5	74	2.0	7.6	18.4	3.10
Septiembre	9.9	20.6	75	2.0	7.2	19.8	3.39
Octubre	10.2	20.3	76	2.0	7.0	20.7	3.55
Noviembre	10.6	19.9	77	2.0	6.7	20.6	3.52
Diciembre	10.4	18.4	80	2.0	5.9	19.3	3.22
Promedio	9.7	19.0	78	2.0	6.3	18.1	3.01

Nota. Cropwat versión 8.0

Así mismo en la correspondiente tabla N° 9, detalla los hallazgos del monitoreo de la parcela con el tanque clase A, como también muestra la lectura y cálculos para obtención de evapotranspiración de referencia, y fue la siguiente:

Tabla 9

Evapotranspiración de referencia (mm/día)

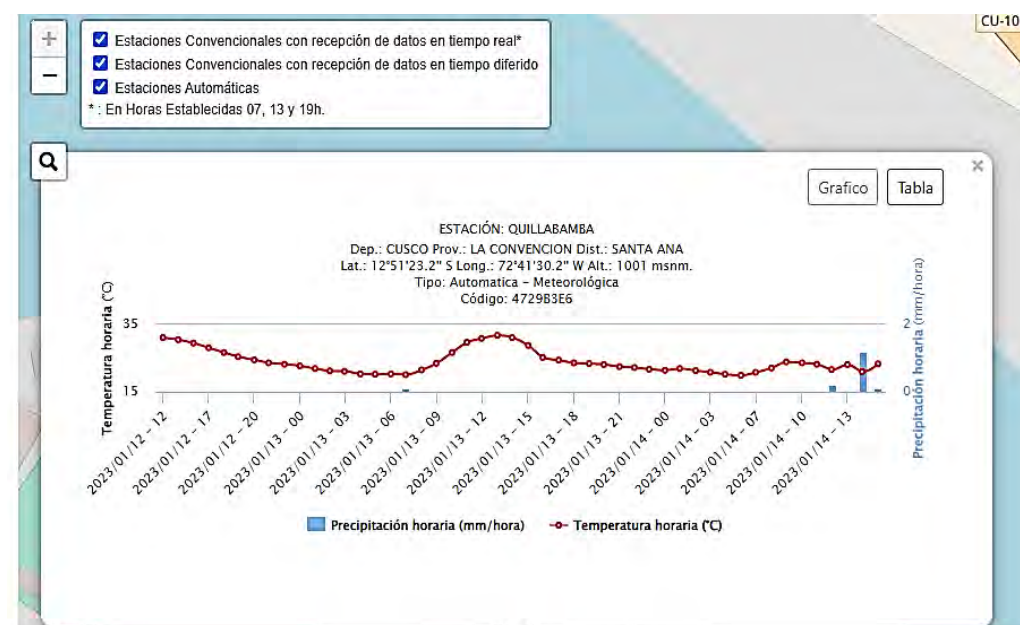
Mes	Semana	Vv (m/s)	H (%)	kp	Epam (mm)	Eto (mm)	Eto (mm), promedio
ENERO	1	2	81	0.65	8.40	5.46	5.39
	2	2	81	0.65	8.32	5.41	
	3	2	81	0.65	8.25	5.36	
	4	2	81	0.65	8.20	5.33	
FEBRERO	1	2	81	0.65	8.37	5.44	5.38
	2	2	81	0.65	8.33	5.41	
	3	2	81	0.65	8.40	5.46	
	4	2	81	0.65	8.00	5.20	
MARZO	1	2	80	0.65	8.10	5.27	5.14
	2	2	80	0.65	7.90	5.14	
	3	2	80	0.65	7.85	5.10	
	4	2	80	0.65	7.80	5.07	
ABRIL	1	2	80	0.65	7.20	4.68	4.53
	2	2	80	0.65	7.00	4.55	
	3	2	80	0.65	6.50	4.23	
	4	2	80	0.65	7.20	4.68	
MAYO	1	2	78	0.65	7.00	4.55	4.32
	2	2	78	0.65	6.50	4.23	
	3	2	78	0.65	6.40	4.16	
	4	2	78	0.65	6.70	4.36	
JUNIO	1	2	76	0.65	6.40	4.16	3.99
	2	2	76	0.65	6.05	3.93	
	3	2	76	0.65	6.10	3.97	
	4	2	76	0.65	6.00	3.90	
JULIO	1	2	74	0.65	6.20	4.03	4.33
	2	2	74	0.65	6.70	4.36	
	3	2	74	0.65	6.95	4.52	
	4	2	74	0.65	6.80	4.42	
AGOSTO	1	2	74	0.65	6.90	4.49	4.60
	2	2	74	0.65	6.98	4.54	
	3	2	74	0.65	7.15	4.65	
	4	2	74	0.65	7.25	4.71	
SETIEMBRE	1	2	75	0.65	7.50	4.88	5.10
	2	2	75	0.65	7.95	5.17	
	3	2	75	0.65	8.00	5.20	
	4	2	75	0.65	7.95	5.17	
OCTUBRE	1	2	76	0.65	8.20	5.33	5.33
	2	2	76	0.65	8.40	5.46	
	3	2	76	0.65	8.20	5.33	
	4	2	76	0.65	8.00	5.20	
NOVIEMBRE	1	2	77	0.65	7.90	5.14	5.25
	2	2	77	0.65	8.15	5.30	
	3	2	77	0.65	7.98	5.19	
	4	2	77	0.65	8.25	5.36	
DICIEMBRE	1	2	80	0.65	8.05	5.23	5.35
	2	2	80	0.65	7.95	5.17	
	3	2	80	0.65	8.35	5.43	
	4	2	80	0.65	8.55	5.56	

Nota. Elaboración propia

La determinación de la ETo (evapotranspiración de referencia) permite establecer el balance hídrico y, posteriormente, calcular la demanda hídrica del cultivo. Para corroborar estos resultados, los datos climáticos recopilados se procesarán mediante software especializado a fin de evaluar la concordancia de los hallazgos. Específicamente, para el análisis del balance hídrico del cultivo de palto, los registros de precipitación (mm), se obtuvieron de la estación meteorológica automática del SENAMHI ubicada en el distrito de Santa Ana, situada a una distancia aproximada de 30 minutos de la zona de investigación (Ver Figura 15). Por su parte, para completar el modelo, las variables de temperatura (C°) (máxima, media y mínima), velocidad del viento (m/s) y humedad relativa (%), se extrajeron de la plataforma satelital NASA POWER (Ver Figura 16). La principal ventaja metodológica de emplear esta base de datos satelital, además de estar científicamente validada para la investigación, radica en su precisión espacial; es decir, permite la extracción de series temporales climatológicas utilizando las coordenadas exactas del área de estudio (Latitud -12.91°, Longitud -72.56°). Esta particularidad compensa la distancia de la estación terrestre y garantiza que la información refleje fielmente las microcondiciones locales del punto de investigación.

Figura 17

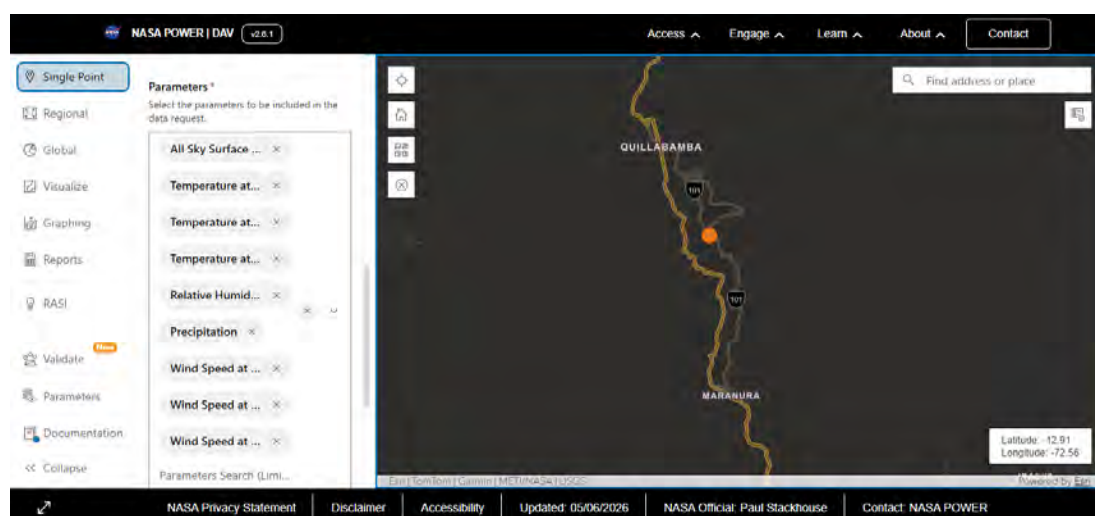
Datos de referencia y/o localización de estación meteorológica de Quillabamba



Nota. Google Earth Pro

Figura 18

Datos climáticos y/o localización del punto de investigación, NASA POWER



Nota. Google

La integración de las variables climáticas descritas permitió determinar la evapotranspiración de referencia (ET_o, expresada en mm/día). Para asegurar el rigor científico del balance hídrico, fue necesario validar los hallazgos comprobando el grado de coincidencia entre distintas metodologías. Para este fin, se empleó el programa PETP V2.0.0, a través del cual se procedió a comparar los datos de ET_o obtenidos por el método del tanque clase A con los resultados procesados en CROPWAT (método de Penman-Monteith). Esta validación cruzada resulta fundamental para definir con exactitud la demanda de agua del cultivo. No obstante, previo al desarrollo de los cálculos y con el objetivo de evidenciar la información base utilizada, a continuación, se presentan los cuadros correspondientes a la serie histórica de 28 años del SENAMHI (precipitación) y la data de la plataforma NASA POWER, detallando las temperaturas (máxima, media y mínima), velocidad del viento y humedad relativa. Posteriormente a esta data, se exponen los resultados consolidados de la comparación metodológica.

Tabla 10

Datos climáticos_Precipitacion (mm), serie de 28 años

ESTACION: QUILLABAMBA/CP - METEOROLOGICA/ CODIGO 4729B3E6													
LONGITUD		: 72° 41' 30.26" W"						DPTO.		: CUSCO			
LATITUD		: 12° 51' 23.22 "S"						PROV.		: LA CONVENCION			
ALTITUD		: 1001 msnm						DIST.		: SANTA ANA			
RESUMEN POR AÑOS DE PRECIPITACION													
N°	AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
1	2021	20.00	158.20	143.80	112.40	37.20	25.80	24.40	17.20	42.30	60.40	187.50	165.20
2	2020	34.70	239.80	194.60	0.00	0.00	12.30	6.00	27.00	0.00	98.40	56.60	130.20
3	2019	176.40	209.00	65.00	116.40	97.40	24.80	25.20	0.00	0.00	42.80	9.60	46.50
4	2018	179.00	37.40	105.80	32.80	52.00	57.00	0.00	34.90	5.00	193.60	85.80	126.90
5	2011	188.00	247.00	258.00	102.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
6	2010	110.00	227.00	251.00	54.00	17.00	19.00	11.00	21.00	30.00	179.00	73.00	142.00
7	2009	0.00	198.00	128.00	60.00	19.00	3.00	21.00	3.00	12.00	108.00	200.00	172.00
8	2008	221.00	153.00	139.00	79.00	10.00	0.00	11.00	19.00	34.00	128.00	84.00	90.00
9	2007	264.00	85.00	173.00	142.00	29.00	14.00	11.00	0.00	11.00	164.00	50.00	98.00
10	2006	161.00	149.00	188.00	114.00	7.00	25.00	4.00	24.00	15.00	88.00	92.00	177.00
11	2005	108.00	124.00	176.00	89.00	32.00	6.00	53.00	9.00	37.00	64.00	17.00	169.00
12	2004	169.00	145.00	116.00	0.00	38.00	17.00	57.00	40.00	52.00	115.00	113.00	88.00
13	2003	150.00	176.00	187.00	102.00	15.00	7.00	5.00	105.00	66.00	42.00	46.00	170.00
14	2002	106.00	181.00	190.00	36.00	28.00	12.00	59.00	64.00	31.00	81.00	104.00	206.00
15	2001	274.00	231.00	212.00	43.00	38.00	6.00	35.00	25.00	22.00	0.00	84.00	102.00
16	2000	303.00	228.00	166.00	67.00	18.00	50.00	0.00	32.00	31.00	47.00	31.00	75.00
17	1999	260.00	530.00	267.00	263.00	57.00	8.00	18.00	0.00	19.00	60.00	48.00	121.00
18	1998	162.00	145.00	238.00	84.00	4.00	5.00	0.00	1.00	85.00	100.00	54.00	165.00
19	1997	206.00	265.00	131.00	86.00	39.00	21.00	4.00	59.00	90.00	96.00	114.00	137.00
20	1996	145.00	206.00	93.00	72.00	34.00	5.00	8.00	31.00	37.00	65.00	83.00	68.00
21	1992	100.00	103.00	160.00	98.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
22	1991	303.00	185.00	363.00	165.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	136.00
23	1990	427.00	232.00	184.00	0.00	113.00	214.00	17.00	62.00	124.00	236.00	223.00	192.00
24	1989	0.00	0.00	339.00	104.00	49.00	0.00	34.00	69.00	69.00	66.00	46.00	161.00
25	1988	421.00	531.00	586.00	427.00	137.00	0.00	0.00	0.00	0.00	114.00	114.00	323.00
26	1987	453.00	174.00	153.00	176.00	32.00	38.00	7.00	0.00	55.00	117.00	605.00	373.00
27	1981	169.00	146.00	132.00	86.00	24.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	184.00	242.00
28	1980	117.00	160.00	166.00	82.00	25.00	10.00	43.00	29.00	49.00	108.00	47.00	43.00
	N° DATOS	28.00	28.00	28.00	28.00	28.00	28.00	28.00	28.00	28.00	28.00	28.00	28.00
	Prom	186.68	195.19	196.61	99.74	33.99	20.71	16.20	24.00	32.73	84.76	98.27	139.96

Nota. Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú (SENAMHI)

Tabla 11

Datos climáticos_ T media (C°), serie de 15 años

TEMPERATURA MEDIA (T°)_POR AÑOS_ÁREA DE TESIS													
N°	AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
1	2007	13.69	13.37	12.88	12.97	13.03	13.39	12.27	13.74	14.23	14.10	14.35	13.70
2	2008	12.84	12.84	12.51	12.65	12.19	12.63	12.98	13.65	14.09	14.24	14.67	13.66
3	2009	13.29	13.08	13.10	13.44	13.44	12.94	13.10	14.12	14.89	14.87	14.28	13.77
4	2010	13.59	13.89	13.99	13.95	13.69	13.65	13.52	13.76	14.52	14.26	14.14	13.42
5	2011	13.07	12.46	12.62	12.78	12.36	11.97	11.98	13.58	13.80	13.92	14.44	13.43
6	2012	13.35	12.66	12.53	12.66	12.88	12.58	12.73	13.77	14.26	14.40	14.69	13.11
7	2013	13.29	13.24	13.32	13.10	13.18	12.26	12.54	13.15	14.38	14.11	14.14	13.64
8	2014	13.26	12.87	13.26	13.14	12.83	13.57	12.99	13.37	14.20	14.44	14.92	14.19
9	2015	13.14	13.28	13.22	12.98	12.64	12.97	13.25	14.17	14.86	15.16	15.07	14.16
10	2016	15.17	14.29	14.79	14.56	13.86	13.19	13.56	13.88	14.25	13.72	14.80	13.99
11	2017	13.52	13.40	13.12	13.10	13.30	13.38	12.80	14.14	14.40	14.77	14.42	14.49
12	2018	13.26	13.31	13.18	13.07	13.17	12.48	12.90	12.96	13.93	14.28	14.52	14.68
13	2019	13.29	13.43	13.72	13.92	14.21	13.84	13.58	13.45	14.86	14.10	13.83	13.77
14	2020	13.86	13.79	13.65	13.76	13.75	13.76	13.66	14.05	14.54	15.25	15.13	13.41
15	2021	13.09	13.43	13.07	13.07	12.64	12.77	12.97	13.70	14.70	15.18	14.53	14.26
	N° DATOS	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15
	Prom	13.45	13.29	13.26	13.28	13.14	13.03	12.99	13.70	14.39	14.45	14.53	13.85

Nota. NASA POWER

Tabla 12

Datos climáticos, T_maxima (C°), serie de 15 años

TEMPERATURA MAXIMA (T°max_C°)_PUNTO MARANURA_TESIS													
N°	AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
1	2007	17.73	17.59	16.99	17.30	18.26	19.39	18.39	21.22	20.30	20.22	19.42	18.37
2	2008	17.01	17.27	17.05	17.03	17.18	18.86	19.03	19.64	20.43	19.85	20.49	18.26
3	2009	17.81	17.46	17.89	19.01	18.96	19.17	19.30	20.68	21.28	21.01	19.39	18.09
4	2010	17.56	18.30	18.42	18.84	19.59	19.85	20.40	21.29	20.81	20.07	19.34	17.56
5	2011	17.07	16.64	16.70	17.11	17.14	17.01	17.46	19.94	20.01	19.32	20.07	17.70
6	2012	17.71	16.95	16.93	16.65	17.95	18.46	19.80	20.92	20.58	20.36	20.08	17.42
7	2013	17.23	17.32	17.35	17.86	18.10	17.35	18.87	20.14	21.00	19.48	19.11	17.95
8	2014	17.36	16.53	17.51	17.70	18.08	19.62	19.42	20.22	20.04	20.19	20.91	19.09
9	2015	17.30	17.61	17.63	17.52	17.28	18.61	19.56	20.66	20.90	21.33	20.89	18.98
10	2016	20.09	18.80	19.83	20.09	19.79	19.58	20.92	20.49	20.77	18.85	20.41	18.48
11	2017	18.25	17.87	17.50	17.37	18.15	19.50	19.49	20.39	20.48	20.76	19.34	19.51
12	2018	17.79	17.57	17.57	17.75	18.81	18.94	19.64	19.10	20.38	19.98	19.51	20.17
13	2019	17.57	17.66	18.08	18.96	20.14	20.31	20.16	20.77	21.28	19.89	18.20	17.93
14	2020	18.08	17.96	18.18	18.91	19.94	19.57	19.84	21.11	20.51	21.68	20.81	17.44
15	2021	16.93	17.70	17.37	17.37	17.48	18.24	20.25	20.32	21.00	21.11	19.96	19.14
	N° DATOS	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15
	Prom	17.70	17.55	17.67	17.97	18.46	18.96	19.50	20.46	20.65	20.27	19.86	18.41

Nota NASA POWER

Tabla 13*Datos climáticos, T_{minima} (C°), serie de 15 años*

TEMPERATURA MINIMA (T°min_C°)_MARANURA_TESIS													
N°	AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
1	2007	10.56	10.22	9.86	9.69	9.11	9.26	7.75	8.00	9.74	9.57	10.66	10.13
2	2008	9.80	9.50	8.97	9.30	8.57	7.91	8.67	9.45	9.42	10.29	10.40	10.35
3	2009	9.96	9.92	9.59	9.50	9.61	8.66	8.70	9.57	10.35	10.43	10.62	10.71
4	2010	10.68	10.45	10.83	10.41	9.55	9.28	8.70	8.36	10.10	9.97	10.12	10.24
5	2011	9.88	9.19	9.61	9.76	8.58	7.96	7.78	8.93	9.41	9.93	10.32	10.14
6	2012	9.86	9.54	9.12	9.74	9.12	8.25	7.60	8.43	9.84	10.10	10.80	9.84
7	2013	9.92	9.94	10.27	9.41	9.79	8.66	8.05	8.17	9.65	10.61	10.33	10.40
8	2014	9.93	10.15	9.99	9.55	8.85	9.38	8.43	8.15	10.07	10.10	10.59	10.66
9	2015	10.07	9.96	9.83	9.74	9.28	9.08	8.77	9.63	10.36	10.53	10.70	10.57
10	2016	11.58	11.00	11.13	10.76	9.77	8.90	8.31	9.21	9.85	9.88	10.73	10.57
11	2017	10.02	10.30	9.89	10.11	9.72	8.91	8.11	9.66	10.18	10.35	10.63	10.85
12	2018	9.92	10.16	10.01	9.78	9.20	7.77	7.83	8.61	9.32	10.06	10.62	10.68
13	2019	10.02	10.08	10.53	10.32	10.03	9.25	9.07	8.02	10.11	9.84	10.42	10.61
14	2020	10.45	10.72	10.32	9.91	9.25	9.76	9.49	8.90	10.33	10.47	10.75	9.99
15	2021	10.07	10.22	9.70	9.91	8.94	8.93	7.41	8.88	10.29	10.72	10.54	10.56
	DATOS	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15
	Prom	10.18	10.09	9.98	9.86	9.29	8.80	8.31	8.80	9.93	10.19	10.55	10.42

Nota NASA POWER

Tabla 14*Datos climáticos, H_{relativa} (%), serie de 15 años*

HUMEDAD RELATIVA (H° %)_MARANURA_TESIS													
N°	AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
1	2007	88.76	87.79	88.88	86.57	82.51	76.68	74.71	65.73	69.21	73.78	78.86	83.73
2	2008	88.08	87.33	86.40	86.86	84.41	77.43	74.91	74.78	69.84	77.01	75.54	82.33
3	2009	84.95	87.24	85.46	80.44	79.14	76.19	75.60	72.06	71.17	72.79	80.43	86.07
4	2010	88.22	87.88	87.47	84.24	79.27	76.16	72.29	65.33	70.13	75.05	77.45	85.16
5	2011	86.63	88.65	89.46	88.32	85.89	84.48	81.16	73.42	71.96	77.31	78.87	86.02
6	2012	85.53	87.74	87.79	88.67	82.51	77.34	71.33	67.89	69.65	74.46	77.92	87.24
7	2013	87.00	88.00	89.16	86.46	83.81	81.08	75.21	68.95	70.22	79.18	81.17	84.70
8	2014	87.14	89.18	88.07	86.21	82.56	77.78	75.54	69.35	74.10	75.38	75.37	82.34
9	2015	86.10	86.33	86.38	86.47	85.91	80.51	76.31	72.72	72.55	70.76	75.77	82.23
10	2016	81.83	86.75	83.84	81.73	78.53	76.75	70.71	70.89	71.21	79.02	76.41	82.44
11	2017	83.98	86.75	87.87	88.07	84.37	78.07	73.56	73.31	72.90	75.11	78.49	80.20
12	2018	84.63	87.18	88.42	84.77	80.14	76.84	72.71	75.21	69.11	77.85	80.09	79.23
13	2019	86.71	87.89	87.68	84.20	79.16	75.43	75.57	65.61	70.84	75.92	84.09	88.23
14	2020	86.27	88.39	87.25	83.32	76.09	79.65	76.91	69.59	71.88	70.06	72.81	87.25
15	2021	89.13	87.85	87.61	88.11	83.72	81.61	70.91	69.81	70.89	75.00	78.42	81.73
	DATOS	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15
	Prom	86.33	87.66	87.45	85.63	81.87	78.40	74.50	70.31	71.04	75.25	78.11	83.93

Nota NASA POWER

Tabla 15

Datos climáticos, V_viento (m/s), serie de 15 años

VELOCIDAD DEL VIENTO (Vv_m/s)_MARANURA_TESIS													
N°	AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
1	2007	1.59	1.46	1.34	1.27	1.34	1.39	1.45	1.66	1.84	1.69	1.84	1.60
2	2008	1.53	1.50	1.32	1.25	1.25	1.39	1.42	1.56	1.93	1.83	1.56	1.48
3	2009	1.52	1.53	1.46	1.38	1.41	1.52	1.61	1.77	2.00	1.78	1.56	1.58
4	2010	1.46	1.47	1.31	1.32	1.45	1.46	1.58	1.74	1.66	1.68	1.74	1.61
5	2011	1.50	1.49	1.33	1.24	1.24	1.29	1.37	1.58	1.67	1.74	1.62	1.47
6	2012	1.52	1.48	1.41	1.25	1.38	1.45	1.61	1.70	1.70	1.77	1.65	1.56
7	2013	1.34	1.42	1.37	1.40	1.38	1.37	1.57	1.67	1.88	1.74	1.59	1.56
8	2014	1.58	1.44	1.35	1.31	1.34	1.41	1.63	1.75	1.76	1.65	1.75	1.66
9	2015	1.49	1.48	1.34	1.25	1.37	1.35	1.51	1.72	1.92	1.83	1.81	1.62
10	2016	1.64	1.50	1.46	1.43	1.47	1.64	1.55	1.60	1.73	1.56	1.71	1.51
11	2017	1.53	1.44	1.41	1.28	1.26	1.38	1.54	1.70	1.88	1.84	1.55	1.66
12	2018	1.57	1.51	1.49	1.27	1.37	1.48	1.56	1.69	1.58	1.78	1.68	1.82
13	2019	1.50	1.45	1.35	1.37	1.47	1.48	1.72	1.63	1.82	1.81	1.44	1.55
14	2020	1.42	1.48	1.34	1.41	1.39	1.47	1.44	1.66	1.82	1.84	1.65	1.38
15	2021	1.51	1.43	1.28	1.27	1.19	1.35	1.51	1.57	1.76	1.71	1.70	1.46
	DATOS	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15
	Prom	1.5	1.5	1.4	1.3	1.4	1.4	1.5	1.7	1.8	1.7	1.7	1.6

Nota NASA POWER

Tabla 6

Resumen promedio de datos climáticos

Variable	Enero	Feb.	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agost.	Set.	Oct.	Nov.	Dic.
Temperatura Media (C°)	13.45	13.29	13.26	13.28	13.14	13.03	12.99	13.70	14.39	14.45	14.53	13.85
Temperatura Maxima (C°)	17.70	17.55	17.67	17.97	18.46	18.96	19.50	20.46	20.65	20.27	19.86	18.41
Temperatura Minima (C°)	10.18	10.09	9.98	9.86	9.29	8.80	8.31	8.80	9.93	10.19	10.55	10.42
Humedad Relativa (%)	86.33	87.66	87.45	85.63	81.87	78.40	74.50	70.31	71.04	75.25	78.11	83.93
Velocidad del viento (m/s)	1.51	1.47	1.37	1.31	1.35	1.43	1.54	1.67	1.80	1.75	1.66	1.57
Precipitación (mm)	186.68	195.19	196.61	99.74	33.99	20.71	16.20	24.00	32.73	84.76	98.27	139.96

Nota. Propio

5.1.3.1 Precipitación efectiva

Con los datos de precipitación total mensual del Senamhi, se realizó la exportación de la data al programa Cropwat V8.0, para hallar la precipitación efectiva, este dato no es más que la misma precipitación fluvial para efecto de cálculo el programa solo convierte al mínimo y es la siguiente:

Figura 19*Precipitación efectiva en mm.*

CROPWAT - Sesión: untitled

Archivo Edición Cálculos Gráficos Configuración Ventana Lenguaje Ayuda

Nuevo Abrir Guardar Cerrar Imprimir Gráfico Opciones

Clima/ETo

Prec.

Cultivo

Suelo

RAC

Programación

Patrón de Cultivo

Sistema

Precipitación mensual - untitled

Estación: QUILLABAMBA Método Prec. Ef: Método USDA S.C.

	Precipit. mm	Prec. efec mm
Enero	186.6	130.9
Febrero	195.1	134.2
Marzo	196.6	134.8
Abril	99.7	83.8
Mayo	34.0	32.1
Junio	20.7	20.0
Julio	16.2	15.8
Agosto	24.0	23.1
Septiembre	32.7	31.0
Octubre	84.8	73.3
Noviembre	98.3	82.8
Diciembre	139.9	108.6
Total	1128.6	870.4

Archivo ETo Arch. de prec. Archivo de cultivo Archivo de s

untitled

Nota. Cropwat versión 8.0

Así mismo el dato hallado de Precipitación efectiva mm/mes convertimos a mm/día mediante la formula

$$PE \left(\frac{mm}{dia} \right) = PE \left(\frac{mm}{mes} \right) * N^{\circ} dias mes \quad ec. 01$$

Donde:

- PE = Precipitación efectiva [mm/mes]
- N° = número de días del mes
- PE = Precipitación efectiva [mm/día]

Tabla 11*Precipitación efectiva en mm/día*

PE	Enero	Feb.	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agost.	Set.	Oct.	Nov.	Dic.
PE (mm/mes)	130.9	134.2	134.8	83.8	32.1	20	15.8	23.1	31	73.3	82.8	108.6
N° días del mes	31.00	28.00	31.00	30.00	31.00	30.00	31.00	31.00	30.00	31.00	30.00	31.00
PE (mm/día)	4.22	4.79	4.35	2.79	1.04	0.67	0.51	0.75	1.03	2.36	2.76	3.50

Nota. Planilla de Balance hídrico.

5.1.3.2 Evapotranspiración de referencia (ET_o)_software PETP V2.0.0

Buscando respaldar la precisión del análisis hídrico, se ejecutó una verificación cruzada de las distintas metodologías empleadas. Para ello, se recurrió a la herramienta PETP V2.0.0, la cual facilitó el cotejo de los valores diarios de ET_o derivados del método del tanque clase A frente a la modelación generada por CROPWAT (Penman-Monteith).

Tabla 12

Exportación de datos meteorológicos

Ingreso de datos meteorológicos

Mes	d (Días)	Tm (°C)	Tmin (°C)	Tmax (°C)	HR (%)	V (m/s)	Pm (mm)	Rs cal/cm2/día	HRmin (%)
Enero	31	13.45	10.18	17.70	86.33	1.51	186.68		
Febrero	28	13.29	10.09	17.55	87.66	1.47	195.19		
Marzo	31	13.26	9.98	17.67	87.45	1.37	196.61		
Abril	30	13.28	9.86	17.97	85.63	1.31	99.74		
Mayo	31	13.14	9.29	18.46	81.87	1.35	33.99		
Junio	30	13.03	8.80	18.96	78.40	1.43	20.71		
Julio	31	12.99	8.31	19.50	74.50	1.54	16.20		
Agosto	31	13.70	8.80	20.46	70.31	1.67	24.00		
Setiembre	30	14.39	9.93	20.65	71.04	1.80	32.73		
Octubre	31	14.45	10.19	20.27	75.25	1.75	84.76		
Noviembre	30	14.53	10.55	19.86	78.11	1.66	98.27		
Diciembre	31	13.85	10.42	18.41	83.93	1.57	139.96		

Nota. PETP V2.0.0

Una vez ya exportado la data se procedió a realizar el análisis que proporciona el programa en mención; teniendo 7 métodos por las cuales nos da a escoger con el que se asemeje más al área de análisis y a temperaturas de la zona de análisis.

Tabla 13

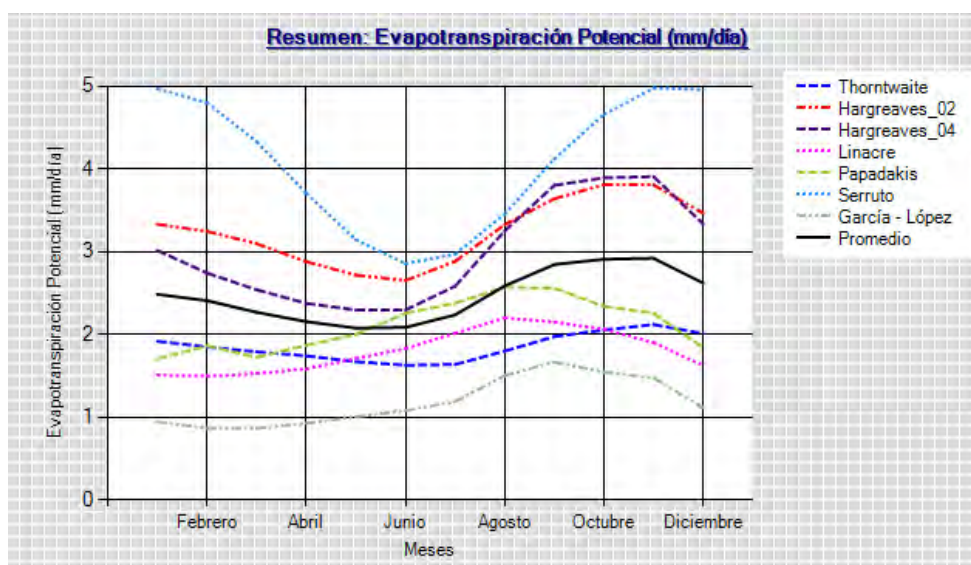
Resumen de resultados: evapotranspiración potencial (mm/día)

Mes	Método de Thornthwaite	Método de Hargreaves_02	Método de Hargreaves_04	Método de Linacre	Método de Papadakis	Método de Semuto	Método de García -	Promedio
Enero	1.92	3.33	3.01	1.51	1.70	4.97	0.94	2.48
Febrero	1.85	3.24	2.74	1.49	1.86	4.80	0.87	2.41
Marzo	1.79	3.10	2.54	1.53	1.72	4.33	0.86	2.27
Abril	1.74	2.88	2.37	1.58	1.87	3.71	0.92	2.15
Mayo	1.67	2.72	2.29	1.71	2.00	3.14	1.00	2.08
Junio	1.63	2.65	2.29	1.83	2.25	2.85	1.08	2.08
Julio	1.64	2.88	2.58	2.01	2.38	2.97	1.19	2.23
Agosto	1.80	3.33	3.25	2.20	2.57	3.45	1.50	2.58
Setiembre	1.97	3.64	3.80	2.15	2.56	4.12	1.67	2.84
Octubre	2.05	3.81	3.89	2.06	2.34	4.65	1.54	2.91
Noviembre	2.12	3.81	3.91	1.90	2.26	4.98	1.47	2.92
Diciembre	2.01	3.46	3.33	1.62	1.84	4.96	1.11	2.62

Nota. PETP V2.0.0

Figura 20

Resumen de Evapotranspiración potencial (mm/día)



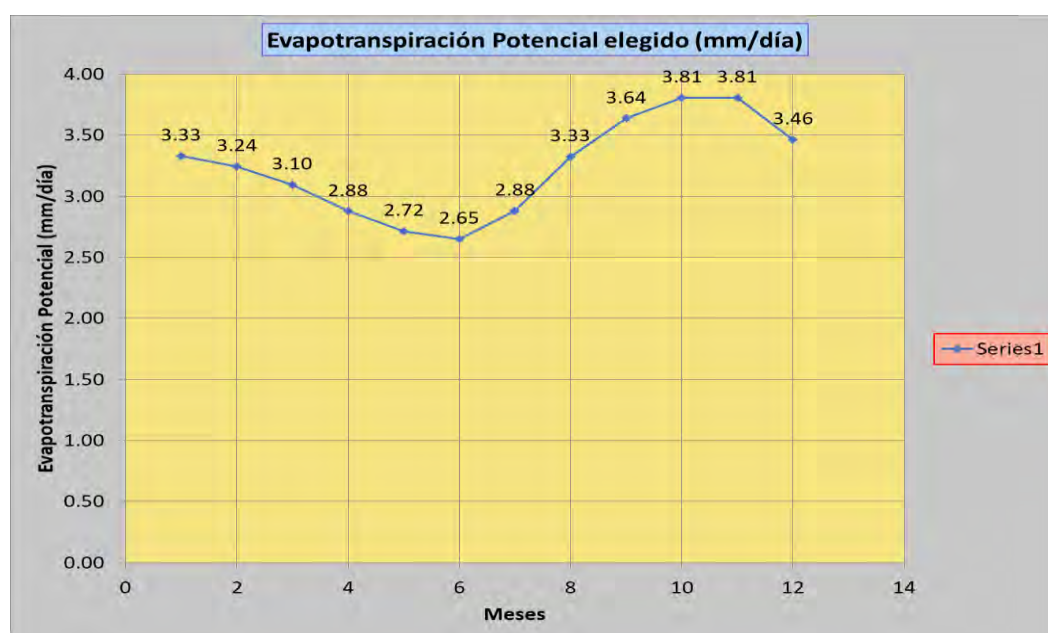
Nota. PETP V2.0.0

Según grafico 15, Al evaluar el comportamiento de la evapotranspiración potencial mensual a través del software PETP V2.0.0, se analizó siete metodologías empíricas y semiempíricas (Thornthwaite, Hargreaves_02, Hargreaves_04, Linacre, Papadakis, Serruto y García-López). Como se evidencia en la gráfica y tabla de

resumen generadas por el programa, existe una variabilidad significativa entre los modelos debido a la sensibilidad de cada ecuación frente a las variables climáticas locales. Se destaca que el método de Serruto reportó los valores más altos, alcanzando picos cercanos a los 4.97 mm/día durante el mes de enero, acercándose considerablemente a las mediciones físicas in situ. En contraste, el método de García-López subestimó la demanda evaporativa, presentando los rangos más bajos. Este abanico de resultados ratifica la necesidad de efectuar una selección metodológica rigurosa para la zona de estudio.

Figura 21

Evapotranspiración de referencia o potencial elegido (mm/mes)



Nota. PETP V2.0.0

Con el propósito de corroborar la estimación de la demanda hídrica, se efectuó un análisis cruzado contrastando los resultados de la ecuación estándar de Penman-Monteith —procesada en el software CROPWAT— frente a los modelos evaluados en el PETP V2.0.0. Al realizar el cotejo, se identificó un alto grado de coincidencia entre los valores de Penman-Monteith y el método empírico de Hargreaves_02 (ver

gráfico 17), validando así la fiabilidad matemática del modelamiento computacional. Sin embargo, reconociendo que las mediciones físicas del Tanque Evaporímetro (Clase A) arrojaron promedios superiores (alcanzando los 5.39 mm/día), se determinó metodológicamente prudente realizar una integración de ambas fuentes. Por consiguiente, para el cálculo definitivo del balance hídrico del cultivo, se optó por un promedio ajustado que unifica la precisión matemática del modelo Penman-Monteith/Hargreaves con la realidad física capturada por el tanque evaporímetro de campo, garantizando así un margen de seguridad hídrica óptimo para el cultivo de palto.

5.1.3.3.1 Estimación de la ETo mediante Triangulación de Métodos y Validación de Datos

Para determinar la demanda hídrica del cultivo de palto con la mayor precisión posible en el Fundo Verde, se empleó un enfoque de integración y validación cruzada entre tres herramientas de cálculo:

1. **Metodología de Cálculo Principal:** Se obtuvieron los valores de Evapotranspiración de referencia (ETo) mediante el Tanque Evaporímetro Clase A (datos de campo) y la ecuación de Penman-Monteith (procesada en Cropwat 8.0). Con el fin de obtener un valor representativo que combine la observación física y el rigor analítico, se procedió a promediar aritméticamente los resultados de ambos métodos, y se obtuvo lo siguiente:

Tabla 14*Eto (Promedio, mm/día)*

ETO_TANQUE EVAPORIMETRO												
Eto	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
mm/día	5.39	5.38	5.14	4.53	4.32	3.99	4.33	4.60	5.10	5.33	5.25	5.35
ETO_PENNAN MONTEITH_CROPWAT												
Eto	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
mm/día	3.08	3.00	2.88	2.68	2.53	2.49	2.68	3.10	3.39	3.55	3.52	3.22
ETO_PROMEDIO (TANQUE+PENNAN)												
Eto	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
mm/día	4.24	4.19	4.01	3.61	3.43	3.24	3.51	3.85	4.25	4.44	4.39	4.29

Nota. propia

2. **Análisis de Convergencia:** Al realizar la comparación, se observó que los resultados arrojados por el PETP V2.0.0 guardan una estrecha similitud con los valores calculados mediante Penman-Monteith y las mediciones del Tanque Clase A. Esta convergencia de datos entre los tres métodos (campo, software especializado y software de validación) confirma la fiabilidad de la ETo, promedio calculado, la cual sirve de base para el balance hídrico final, ya teniendo el análisis se procede a los cálculos respectivos.

5.1.3.4 Cédula de cultivo y kc del cultivo del palto

Se refiere a la cantidad de área en la cual vamos a producir el cultivo de palto así mismo el Kc del cultivo se refiere a la longitud de crecimiento de la raíz y está de acuerdo a los meses de la fenología del cultivo.

Tabla 15*Kc de cultivos en fase inicial, media y final*

Cultivo	$K_c \text{ ini}^1$	$K_c \text{ med}$	$K_c \text{ fin}$	Altura Máx. Cultivo (h) (m)
n. Árboles Frutales				
Almendras, sin cobertura del suelo	0,40	0,90	0,65 ¹⁸	5
Manzanas, Cerezas, Peras ¹⁹				
– sin cobertura del suelo, con fuertes heladas	0,45	0,95	0,70 ¹⁸	4
– sin cobertura del suelo, sin heladas	0,60	0,95	0,75 ¹⁸	4
– cobertura activa del suelo, con fuertes heladas	0,50	1,20	0,95 ¹⁸	4
– cobertura activa del suelo, sin heladas	0,80	1,20	0,85 ¹⁸	4
Albaricque, Melocotón o Durazno, Drupas ^{19, 20}				
– sin cobertura del suelo, con fuertes heladas	0,45	0,90	0,65 ¹⁸	3
– sin cobertura del suelo, sin heladas	0,55	0,90	0,65 ¹⁸	3
– cobertura activa del suelo, con fuertes heladas	0,50	1,15	0,90 ¹⁸	3
– cobertura activa del suelo, sin heladas	0,80	1,15	0,85 ¹⁸	3
→ Aguacate, sin cobertura del suelo	0,60	0,85	0,75	3
Cítricos, sin cobertura del suelo ²¹				
– 70% cubierta vegetativa	0,70	0,65	0,70	4
– 50% cubierta vegetativa	0,65	0,60	0,65	3
– 20% cubierta vegetativa	0,50	0,45	0,55	2

Nota. FAO. (2006). Boletín 56, Riego y Drenaje

Tabla 16*Boletín 56, Riego y Drenaje*

N°	FASES	KC=ETC/Eto
I	FLORACION - CUAJADO ($K_c \text{ ini}$)	0.60
II	FRUCTIFICACION-LLENADO DE FRUTO ($K_c \text{ med}$)	0.85
III	MADURACION COSECHA ($K_c \text{ fin}$)	0.75

Nota. FAO. (2006). Boletín 56, Riego y Drenaje

Teniendo el dato de kc del cultivo llevamos al Excel para el siguiente análisis y resultado:

Tabla 17

Cedula de cultivo y calendario agrícola convencional y tecnificado (Área de cultivo y Kc del cultivo por meses)

CEDULA DE CULTIVO Y CALENDARIO AGRICOLA														
LUGAR		: Sector Mandor-Maranura												
AREA (ha)		: 0.50												
CULTIVO PRINCIPAL		: palto(persea americana)												
FACTOR DE KC - SITUACION CONVENCIONAL														
PRIMERA CAMPAÑA		Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic.	
CULTIVO BASE														Area (ha)
palto(persea americana)		0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	
TOTAL		0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	
FUENTE: Elaboración Propia.														
FACTOR DE KC - SITUACION TECNIFICADO														
PRIMERA CAMPAÑA		Area (ha)	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic
CULTIVO BASE														
palto(persea americana)		0.50	0.73	0.75	0.74	0.68	0.65	0.60	0.68	0.75	0.80	0.85	0.83	0.80
Kc			0.73	0.75	0.74	0.68	0.65	0.60	0.68	0.75	0.80	0.85	0.83	0.80

Nota. propia

En la tabla 19, se aprecia que todos los meses del año se producirá con la misma área, en el escenario convencional, en cuanto a la situación tecnificado el kc del cultivo se aprecia en los meses de mayor crecimiento de raíces y en la cual necesita mayor cantidad de agua y por consiguiente se tiene el mayor alongamiento de raíces producto a temporadas de lluvia entre ellos se encuentran los meses de setiembre hasta diciembre así mismo en estos meses se encuentra el estado fenológico de floración y cuajado de fruto.

5.1.3.5 Análisis de la Demanda hídrica CONVENCIONAL Y TECNIFICADO

Se exporto a la planilla Excel los datos ya obtenidos hasta el momento, paso a enumerar las fórmulas en las cuales se utilizó para obtener la demanda de agua por mes, y son las siguientes:

5.1.3.6 Evapotranspiración de cultivo

$$ET_c = ET_o * K_c$$

ec. 02

En el cual:

Etc. = Evapotranspiración de cultivo en mm/día

ET_o = Evapotranspiración de referencia en mm/día

K_c = Coeficiente del cultivo

5.1.3.7 Necesidades netas, lamina neta o déficit de humedad

$$N_n = ET_c - PE \quad \text{ec. 03}$$

Donde:

N_n = necesidades netas, lamina neta o déficit de humedad (mm/día)

ET_c = Evapotranspiración de cultivo-uso consuntivo (mm/día)

PE = precipitación efectiva (mm/día)

5.1.3.8 Eficiencia de aplicación

Se refiere a eficiencia de riego la cual emplearemos es decir si instalamos riego por goteo, microaspersión y aspersión cada una de estas tiene su eficiencia de riego, para el presente ejemplo que utilizaremos riego por goteo autocompensado, utilizaremos una eficiencia con tesis de 90% y sin tesis 35%.

Figura 22

Eficiencia de riego por método utilizado

MÉTODO DE RIEGO	EFICIENCIA %	EQUIVALENCIA De cada 100 litros aplica- dos, el cultivo aprovecha
Por gravedad	35	Sólo 35
Multicompuertas	50 - 70	Entre 50 y 70
Aspersión	75	75
Goteo / Exudación	90	90

Nota. (F.A.O., 2021) Boletín 56, Riego y Drenaje

5.1.3.9 Requerimiento de agua o lamina bruta

$$Nt = \frac{Nn}{PE} * 10 \quad \text{ec. 04}$$

Donde:

Nt = Requerimiento de agua o lamina bruta (m3/ha/día)

Nn = Requerimiento de agua o lamina bruta (m3/ha/día)

PE = Eficiencia de aplicación (%)

5.1.3.10 Volumen demandado

$$D = Nt * Area \quad \text{ec. 05}$$

Donde:

D = Demanda o volumen demandado (m3/mes)

Nt = Requerimiento de agua o lamina bruta (m3/ha/día)

Área = Área de la parcela de investigación (ha).

5.1.3.11 Análisis de Demanda Hídrica: Escenario CONVENCIONAL VS TECNIFICADO

En la **Tabla N° 20**, correspondiente a la **demanda hídrica bajo sistema convencional**, se cuantifica el volumen mensual requerido por el cultivo de palto bajo métodos de riego tradicionales (gravedad o inundación). Durante el primer trimestre (enero, febrero y marzo), la demanda neta es de **0.00 m³**, debido a que la precipitación efectiva cubre el requerimiento total del cultivo. A partir de abril, se registra un déficit que asciende a **138.84 m³** para la superficie de media hectárea en estudio. El análisis integral determina que la demanda anual convencional alcanza los **8,989.91 m³**, evidenciando un alto consumo volumétrico asociado a las bajas eficiencias de aplicación de los métodos por inundación.

Por otro lado, en la **Tabla N° 21**, referida a la **demanda hídrica tecnificada**, se observa que, si bien se mantiene la nulidad de riego adicional de enero a marzo por aporte pluvial, la implementación del **sistema de riego por goteo Autocompensado** optimiza drásticamente el uso del agua. Bajo este escenario tecnológico, el volumen total demandado por el cultivo es de **2,497.20 m³**. Al contrastar ambos resultados, se evidencia una reducción significativa en el consumo de agua, lo que garantiza un **ahorro hídrico considerable**. Esta disponibilidad excedente del recurso permite proyectar la ampliación de la frontera agrícola o la redistribución del agua para beneficiar a un mayor número de usuarios en la cuenca.

5.1.3.12 Oferta de agua CONVENCIONAL O TECNIFICADO

La disponibilidad del recurso hídrico para el área de estudio está amparada legalmente por la **Resolución Directoral N° 0780-2022-ANA-AAA.UV**, la cual otorga la licencia de uso de agua a la junta de usuarios integrante del proyecto:

"Mejoramiento y Ampliación de Sistema de Riego en sectores de Mandor Rosaspata, Balsapampa Chico, Manahuañunca del distrito de Maranura – La Convención - Cusco".

Tras la culminación de dicho proyecto de inversión pública, la infraestructura hidráulica ha sido entregada a nivel de **hidrantes** para cada beneficiario. Sin embargo, actualmente se evidencia la carencia de sistemas de riego internos (parcelarios). En ese sentido, la presente investigación utiliza dicha oferta de agua disponible en el hidrante para evaluar el tránsito del manejo tradicional hacia un **sistema de riego presurizado**, permitiendo optimizar la entrega del recurso según los requerimientos técnicos del cultivo de palto.

Es así que se tiene 4 puntos de distribución según la licencia de agua y son:

Tabla 20

Numero de licencia y ubicación de fuente de agua

Licencia de agua	Volumen ofertado	Coordenadas UTM
LIC-1	85264.0 m ³	753107 E, 8573611 N
LIC-2	209795 m ³	754067 E, 8573705 N
LIC-3	673706 m ³	753815 E, 8573785 N
LIC-4	734124 m ³	753816 E, 8573789 N

Nota. Autoridad Nacional del Agua (ANA)

Para el desarrollo del balance hídrico en la parcela de investigación, se considera la oferta hídrica proveniente del hidrante **LIC-3**, ubicado geográficamente en las coordenadas **UTM 753,815 E y 8,573,785 N**. Según la licencia de uso de agua vigente, este punto cuenta con un volumen anual ofertado de **673,706 m³**.

Partiendo de esta disponibilidad legal y física, se procedió a realizar el contraste entre la oferta y la demanda (tanto en el escenario convencional como tecnificado). Para determinar la suficiencia del recurso y el comportamiento del balance hídrico, se aplicaron las siguientes formulaciones matemáticas:

5.1.3.13 Volumen por hectárea

$$V = V_o / Area \quad \text{ec. 06}$$

Donde:

- V = Volumen (ha)
- V_o = Volumen ofertado (m³/mes)
- Área = Área total del proyecto (ha)

5.1.3.14 Volumen ofertado

$$V_o = V * Area \quad \text{ec. 07}$$

Donde:

- V_o = Volumen ofertado (m³/ha/mes)
- V = Volumen por hectárea (ha)
- Área = Área del proyecto de investigación (ha)

Tabla 21

Oferta hídrica CONVENCIONAL O TECNIFICADO

OFERTA DE AGUA CONVENCIONAL															
FUENTE		: Canal mandor													
UBICACIÓN		: Sector Mandor-Maranura													
DESCRIPCION	UNID	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	TOTAL	
Volumen Ofertado	m3/mes	68,190	39,580	43,446	56,623	68,326	60,627	56,943	51,238	46,837	56,943	60,627	68,326	677,706	
volumen por hectarea	ha	2,727.60	1,583.20	1,737.84	2,264.92	2,733.04	2,425.08	2,277.72	2,049.52	1,873.48	2,277.72	2,425.08	2,733.04	27,108	
Area Neta del Proyecto	ha	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50		
Volumen Ofertado	m³/ha-mes	1,363.80	791.60	868.92	1,132.46	1,366.52	1,212.54	1,138.86	1,024.76	936.74	1,138.86	1,212.54	1,366.52	13,554.12	
FUENTE: RESOLUCIÓN DIRECTORAL N° 0780-2022-ANA-AAA.UV															
OFERTA DE AGUA TECNIFICADO															
FUENTE		Canal mandor													
UBICACIÓN		Sector Mandor-Maranura													
DESCRIPCION	UNID	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	TOTAL	
Volumen ofertado	m3/mes	68,190	39,580	43,446	56,623	68,326	60,627	56,943	51,238	46,837	56,943	60,627	68,326	677,706	
volumen por hectarea	ha	2,727.60	1,583.20	1,737.84	2,264.92	2,733.04	2,425.08	2,277.72	2,049.52	1,873.48	2,277.72	2,425.08	2,733.04	27,108	
Area Neta del Proyecto	ha	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50		
Volumen Ofertado	m³/ha-mes	1,363.80	791.60	868.92	1,132.46	1,366.52	1,212.54	1,138.86	1,024.76	936.74	1,138.86	1,212.54	1,366.52	13,554.12	

3.14 Balance Hídrico ESCENARIO CONVENCIONAL

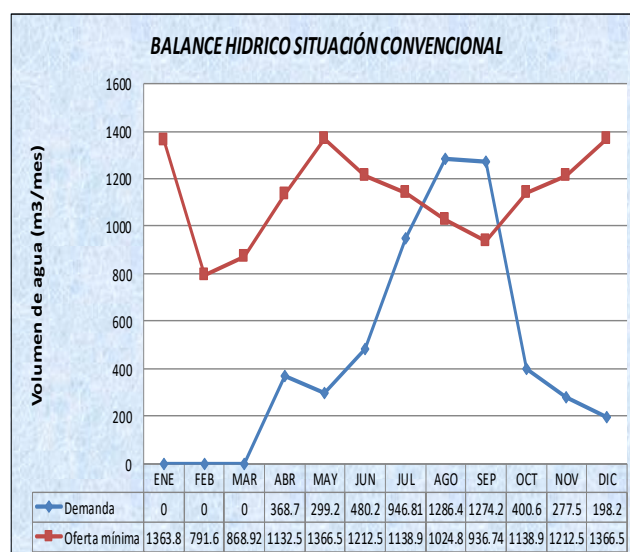
El contraste entre la oferta y la demanda calculada revela un **déficit hídrico crítico** durante los meses de agosto y septiembre. En este trimestre, el volumen requerido por el palto supera la capacidad de suministro del sistema, sometiendo al cultivo a un **estrés hídrico severo** que impide cubrir sus necesidades fisiológicas. Esta brecha negativa demuestra que el riego tradicional es técnicamente insostenible, ya que compromete las etapas clave del desarrollo fenológico. En consecuencia, la insuficiencia de agua durante el estiaje derivará en una reducción de los rendimientos productivos y afectará la calidad final del fruto bajo la licencia otorgada.

Tabla 22

Balance hídrico CONVENCIONAL

BALANCE DE AGUA CONVENCIONAL

PARAMETRO	UNIDAD	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	TOTAL
DEMANDA	(m ³ /ha/mes)	0.00	0.00	0.00	138.84	58.28	402.40	977.71	1,452.25	1,373.60	91.88	0.00	0.00	4,494.95
OFERTA	(m ³ /ha/mes)	1,363.80	791.60	868.92	1,132.46	1,366.52	1,212.54	1,138.86	1,024.76	936.74	1,138.86	1,212.54	1,366.52	13,554.12
BALANCE	(m ³ /ha/mes)	1,363.80	791.60	868.92	993.62	1,308.25	810.14	161.15	-427.49	-436.86	1,046.98	1,212.54	1,366.52	9,059.17



Nota. Propia

5.1.3.15 Balance Hídrico TECNIFICADO

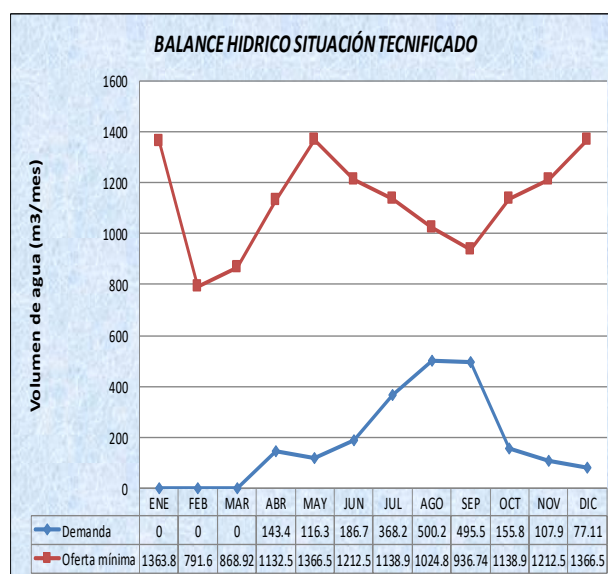
El balance hídrico bajo condiciones de riego tecnificado demuestra que la optimización de la demanda permite cubrir satisfactoriamente los requerimientos del cultivo durante todo el año. A diferencia del método convencional, el uso de goteo Autocompensado genera un **superávit hídrico constante**, eliminando el riesgo de estrés en la planta. Este excedente de agua disponible abre la posibilidad técnica de **ampliar la frontera agrícola** de la parcela o integrar a nuevos productores a la red de riego, maximizando la eficiencia de la licencia otorgada.

Tabla 23

Balance hídrico TECNIFICADO

BALANCE DE AGUA - TECNIFICADO

PARAMETRO	UNIDAD	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	TOTAL
DEMANDA	(m3/ha/mes)	-	-	-	38.57	16.19	111.78	271.59	403.40	381.56	25.52	-	-	1,248.60
OFERTA	(m3/ha/mes)	1,363.80	791.60	868.92	1,132.46	1,366.52	1,212.54	1,138.86	1,024.76	936.74	1,138.86	1,212.54	1,366.52	13,554.12
BALANCE	(m3/ha/mes)	1,363.80	791.60	868.92	1,093.89	1,350.33	1,100.76	867.27	621.36	555.18	1,113.34	1,212.54	1,366.52	12,305.52



Nota. Propia

5.1.3.15 Demanda hídrica para el cultivo de palto

Efectuando análisis con los cuadros de balance hídrico convencional o tecnificado, podemos dar respuesta; cuanto de agua demanda el cultivo de palto para obtener rendimiento estimado de 13000kg/ha con la utilización de tecnología, en este caso con instalación de sistema de riego y aplicación de conocimientos en manejo técnico del cultivo de palto, para ello se realizó con las siguientes formulas:

5.1.3.16 Eficiencia esperada; Aplicaremos

$$Ee = Dh / R \quad \text{ec. 08}$$

Donde:

- Ee = Eficiencia esperada (m³/kg)
- Dh = demanda hídrica (m³/ha)
- R = Rendimiento esperado (kg/ha)

5.1.3.17 Huella hídrica o consumo de agua

$$Hh = Ee * 1000 \quad \text{ec. 09}$$

Donde:

- Hh = Huella hídrica o consumo de agua (l/kg)
- Ee = Eficiencia esperada (m³/kg)

Tabla 24*Huella hídrica o cuantía de agua para cultivo de palto*

a) Eficiencia de Agua - Convencional			b) Eficiencia de Agua - Tecnificado			c) Parcela demostrativa 0.50 ha		
Demanda Hídrica :	4,494.95	m ³ /ha	Demanda Hídrica :	1,248.60	m ³ /ha	Demanda Hídrica :	624.30	m ³ /ha
Rendimiento Esperado:	13000	Kg/ha	Rendimiento Esperado:	13000	Kg/ha	Rendimiento Esperado:	6500	Kg/ha
Eficiencia Esperada:	0.35	m ³ /Kg	Eficiencia Esperada:	0.10	m ³ /Kg	Eficiencia Esperada:	0.10	m ³ /Kg
Huella Hídrica/consumo agua	345.77	L/Kg	Huella Hídrica/consumo ag	96.05	L/Kg	Huella Hídrica/consumo agua	96.05	L/Kg

*Nota. Propia***Análisis de la Tabla N° 26: Eficiencia del Uso del Agua**

- a) Eficiencia en el Sistema Convencional:** Para un rendimiento proyectado de **13,000 kg/ha**, se determina que el consumo específico asciende a **345.77 litros** de agua para producir **1 kg** de palto. Este valor refleja el requerimiento hídrico bajo métodos de riego tradicionales.
- b) Eficiencia en el Sistema Tecnificado:** Bajo un escenario de tecnificación con riego por goteo y para el mismo rendimiento de **13,000 kg/ha**, el volumen de agua necesario se reduce a **96.05 litros** por cada kilogramo de fruto obtenido. Este resultado es producto de una programación de riego ajustada al balance hídrico, evidenciando una optimización significativa en el consumo del recurso.
- c) Eficiencia en el Sistema Tecnificado (0.50 ha):** Al analizar la unidad experimental de **0.50 ha** con un rendimiento esperado de **6,500 kg**, se observa que el indicador de eficiencia se mantiene constante en **96.05 L/kg**. Esto demuestra que la precisión del riego tecnificado conserva su eficiencia operativa independientemente de la superficie cultivada, siempre que se mantengan los parámetros de diseño y control hídrico.

5.1.4 Planilla velocidad de Infiltración (Parcela de estudio)

Tabla 25

Resultado de la velocidad de infiltración

PRUEBA DE INFILTRACION															
REGION :		Cusco		DISTRITO:		Maranura		METODO :		TEXTURA :		Franco			
PROVINCIA		La Convención		LOCALIDAD :		Mandor		Anillos Concentricos							
Nº	HORA	TIEMPO (min)		VOL. INFILT.	LAMINA INFILTRADA (cm)		VEL INFILTRACION (cm/hr)		Log T	Log Ip	XY	X2	Y2		
		Parcial	Acum. (T)		(ml)	Parcial	Acumulado	Parcial (Ip)						Promedio	X
0	8.05	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		
1	8.10	5.00	5.00	415.00	5.28	5.28	63.41	63.41	0.70	1.80	1.26	0.49	3.25		
2	8.15	5.00	10.00	380.00	4.84	10.12	58.06	60.73	1.00	1.76	1.76	1.00	3.11		
3	8.20	5.00	15.00	365.00	4.65	14.77	55.77	59.08	1.18	1.75	2.05	1.38	3.05		
4	8.25	5.00	20.00	320.00	4.07	18.84	48.89	56.53	1.30	1.69	2.20	1.69	2.85		
5	8.35	10.00	30.00	400.00	5.09	23.94	30.56	47.87	1.48	1.49	2.19	2.18	2.21		
6	8.45	10.00	40.00	360.00	4.58	28.52	27.50	42.78	1.60	1.44	2.31	2.57	2.07		
7	8.55	10.00	50.00	340.00	4.33	32.85	25.97	39.42	1.70	1.41	2.40	2.89	2.00		
8	9.05	10.00	60.00	320.00	4.07	36.92	24.45	36.92	1.78	1.39	2.47	3.16	1.93		
9	9.15	10.00	70.00	180.00	2.29	39.22	13.75	33.61	1.85	1.14	2.10	3.40	1.30		
10	9.25	10.00	80.00	160.00	2.04	41.25	12.22	30.94	1.90	1.09	2.07	3.62	1.18		
11	9.35	10.00	90.00	150.00	1.91	43.16	11.46	28.78	1.95	1.06	2.07	3.82	1.12		
12	9.45	10.00	100.00	100.00	1.27	44.44	7.64	26.66	2.00	0.88	1.77	4.00	0.78		
13	9.55	10.00	110.00	100.00	1.27	45.71	7.64	24.93	2.04	0.88	1.80	4.17	0.78		
14	10.05	10.00	120.00	95.00	1.21	46.92	7.26	23.46	2.08	0.86	1.79	4.32	0.74		
15	10.15	10.00	130.00	75.00	0.95	47.87	5.73	22.10	2.11	0.76	1.60	4.47	0.57		
16	10.25	10.00	140.00	65.00	0.83	48.70	4.97	20.87	2.15	0.70	1.49	4.61	0.48		
17	10.35	10.00	150.00	65.00	0.83	49.53	4.97	19.81	2.18	0.70	1.51	4.74	0.48		
18	10.45	10.00	160.00	65.00	0.83	50.36	4.97	18.88	2.20	0.70	1.53	4.86	0.48		
SUMA									31.20	21.49	34.39	57.36	28.40		
b = -0.8634 y = 2.6900 a = 489.8285 r2 = 0.895329		I = 489.828461 (T) 0.13660 Iacum = 3585.82663 (T) T = 518.03924 min. I = 2.2205816 cm/hr		-0.86340		PROMEDIO		1.73	1.19						
				INFILTRACION DEL SUELO									I = 22.21 mm/hr		

Nota. propia

- Interpretación

teniendo como velocidad de infiltración (VI) de 22.21 mm/hr nos permite decir que el suelo tiene una máxima retención de agua que soporta esta parcela es 22.21 mm/h ya que debe siempre cumplir que $IA < VI$.

Figura 23

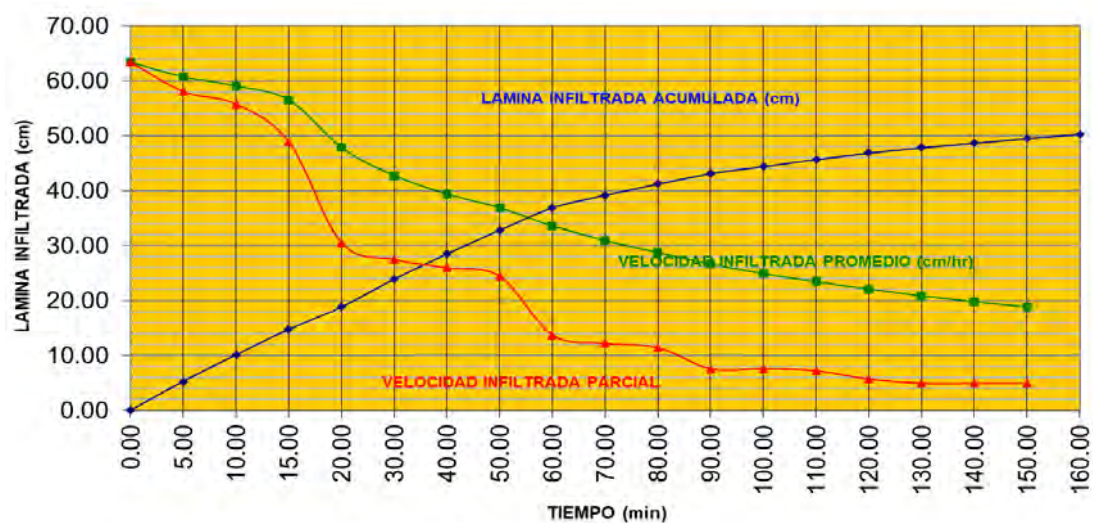
Se aprecia a medida que transcurre el tiempo va infiltrando agua



Nota. Propia

Figura 24

Variación de lámina así como velocidad de infiltración en correspondencia al tiempo



Nota. propia

- **Interpretación**

-A los 5 minutos acumulados la lámina infiltrada acumulada fue de 5.28 cm lo cual indica que infiltró al suelo 5.28cm de agua al tiempo de 5 minutos, y así podemos continuar con el análisis.

-En el tiempo acumulado de 5 minutos la velocidad de infiltración parcial fue 63.41 cm/hr, de velocidad infiltrada promedio.

Estos cálculos es de importancia ya que guarda relación con el riego e indica el tiempo de riego que soporta el suelo para que no se encharque o se inunde, lo cual guarda coherencia con el tiempo de riego.

5.1.5 Plan de diseño agronómico

Para esta elaboración del plan de diseño agronómico se realizó con el apoyo de una plantilla en Excel, para una mejor precisión lo cual contempla todas las fórmulas de acuerdo a la siguiente secuencia.

Figura 25

Secuencia de diseño agronómico



Nota. (Ferreyra et al., 2005)

El diseño agronómico se desarrolló de acuerdo a la metodología planteada por Pizarro (1996) y describe de la siguiente forma:

- Cálculo de requerimientos de agua de cultivo
- Cálculo de ETo (Evapotranspiración de referencia).
- Elección del kc del cultivo, para las 4 etapas de desarrollo de cultivo (inicio, desarrollo, media asimismo maduración).
- Cálculo de Etc. (evapotranspiración de cultivo, mm/día)
- Efecto de localización, esta corrige ETc, se basa en el área sombreada del marco de plantación.
- Necesidades netas (mm).
- Eficiencia de ejecución (%).
- Dosis de riego
- Periodicidad de riego (días).
- Cálculo de cantidad de emisores por planta
- Puntaje porcentual de superficie mojada (%).
- Zona mojada por emisor (m²).
- Tiempo de riego (hr/día).

5.1.5.1 Resultados del plan de diseño agronómico para el cultivo de palto

Tabla 26

Plan de diseño agronómico para cultivo de palto

DISEÑO AGRONÓMICO		PARAMETROS DE RIEGO
Cálculo de las necesidades netas de riego máximas		
Descripción	Unidad	Valores
Evapotranspiración Potencial (Eto promedio max)	mm/día	3.95
Coeficiente de cultivo (Kc max)	adimensional	0.85
Evapotranspiración Real (ETc máx) = (Eto max) x (Kc max)	mm/día	3.36
Precipitación Efectiva (PE)	mm/día	2.40
Necesidades Neta de Riego (Nn) = (ETc max) - (PE)	mm/ha/día	0.96
Cálculo de parámetros de riego		
Descripción	Unidad	Valores
Tipo de Suelo	textura	Franco
Infiltración básica permitida (Ib)	mm/h	22.21
Densidad aparente (da)	gr/cm ³	1.35
Capacidad de Campo (CC)	%	25.37
Punto de Marchitez Permanente (PMP)	%	12.51
Profundidad efectiva de raíces (Pr)	m	0.50
Cálculo de agua utilizable (AU) = 10 x (CC-PMP) x (da) x (Pr)	mm	86.81
Agotamiento permisible de la humedad del suelo (Ah)	%	50
Dosis neta de riego (Dn) = (Ah) x (AU) / 100	mm	43.40
Máximo intervalo entre riegos (Im) = (Dn) / (Nm)	día	45.00
Eficiencia Riego (Er)	%	90
Dosis bruta de riego (Db) = (Dn) / (Nm)	mm/ha	48.23
Factor de reducción por la pendiente (fp)	%	80
Tiempo de aplicación (Tamin) = (100 x (Db)) / ((Ib) x (fp))	hora/ha	2.71
Necesidad bruta de Riego (Nb) = (100 x (Nn)) / (Ea)	mm/ha/día	1.06
Area a irrigar (Ai)	ha	0.25
Tiempo de operación del sistema (Tos)	h	0.68
Caudal mínimo (Qmin) = ((Nb) x (Ai)) / ((3600 x (Tos)))	L/s	1.09
Selección del emisor (Goteo)		
Descripción	Unidad	Valores
Caudal del emisor (Qe)	L/h	29.50
Presión Nominal de Operación	bar	1.00
Nº de laterales de riego	Nº	2.00
Distancia entre laterales	m	4.00
Distancia entre emisores	m	5.00
Frecuencia de riego en el sistema de riego	días	1.00
Precipitación horaria del sistema (Pph)	mm/hr	2.95
	m ³ /ha/hr	29.50
	L/s/ha	8.19
Tiempo de riego por turno (Trxt) = (Nb) x (Pph)	h/días	0.36
Nº Turnos/día (Tdía) = (Tos) / (Trxt)	Nº	2.00
Tiempo de riego por día (Trxd) = (Trxt) x (Tdía)	horas	0.72
Area por turno (Aturno)	ha	0.25
Area máxima por turno	ha	0.25
Capacidad máxima del sistema por turno	m ³ /h/turno	7.38
	L/s/turno	2.05

Nota. propia

5.1.5. 1.1 Análisis e Interpretación del Diseño Agronómico

En esta sección se exponen y discuten los resultados derivados de la interacción directa entre las variables climáticas locales, las propiedades físico-hídricas del suelo evaluado y los requerimientos biológicos específicos del cultivo de palto en la zona de Maranura. Los valores obtenidos constituyen el sustento técnico-científico que garantiza la viabilidad operativa, la eficiencia en la distribución del recurso hídrico y el correcto dimensionamiento del sistema de riego localizado propuesto.

5.1.5.1.2 Caracterización de la Demanda Evapotranspirativa (ET_o)

El análisis hidrometeorológico consolidó una Evapotranspiración de Referencia (ET_o máx) de **3.95 mm/día**, deducida mediante el modelo de Penman-Monteith en CROPWAT y validada con Tanque Clase A. Aplicando el Coeficiente de Cultivo máximo (K_c máx = **0.85**), se determinó una Evapotranspiración Real del Cultivo (ET_c máx) de **3.36 mm/día**. Tras restar la Precipitación Efectiva calculada por CROPWAT (PE = 2.40 mm/día), se cuantificó una **Necesidad Neta de Riego (N_n) de 0.96 mm/ha/día**, que representa la lámina real a reponer en la zona radicular.

5.1.5.1.3 Parámetros Físico-Hídricos del Suelo y Capacidad de Almacenamiento

El perfil edáfico en la zona de estudio corresponde a una textura **Franco**, evaluada bajo las siguientes constantes hidrodinámicas:

- **Capacidad de Retención:** Con una Capacidad de Campo (CC) de **25.37%**, un Punto de Marchitez Permanente (PMP) de **12.51%**, una densidad aparente (da) de **1.35 g/cm³** y una profundidad radicular (Pr) de **0.50 m**, se obtuvo un Agua Utilizable (AU) de **86.81 mm**. Ajustando un agotamiento permisible (Ah) del **50%**, la Dosis Neta de Riego (D_n) se fijó en **43.40 mm**, definiendo un intervalo máximo entre riegos (I_m) de **45.00 días**.

- **Dinámica de Infiltración:** La Infiltración Básica permitida (I_b) se cuantificó en **22.21 mm/h**. Al contrastarla con la Precipitación Horaria del Sistema (Ph) de **2.95 mm/h**, se demuestra que la tasa de aplicación es significativamente menor que la capacidad de absorción del terreno, garantizando una infiltración eficiente hacia el bulbo húmedo sin riesgos de escorrentía superficial.

5.1.5.1.4 Síntesis de la Interdependencia de Resultados

Los resultados confirman una coherencia técnica integral en el diseño. Para una eficiencia de riego (E_r) del **90%**, la Dosis Bruta de Riego (Db) requerida es de **48.23 mm/ha**, lo que determina un Tiempo de Aplicación mínimo (T_a) de **2.71 h/ha**. Finalmente, el balance entre la Necesidad Bruta de Riego (N_b) de **1.06 mm/ha/día** y el ajuste del área experimental real a **0.25 ha** define un Caudal Mínimo de diseño ($Q_{\text{mín}}$) de **1.09 L/s**, calculado para un Tiempo de Operación del Sistema (T_{op}) de **0.68 horas**. Esta calibración precisa asegura que el sistema trabaje dentro de sus límites óptimos de presión y velocidad de flujo, minimizando las pérdidas por percolación profunda. Como consecuencia, se consolida una propuesta tecnológica de riego localizado eficiente y perfectamente balanceada para las condiciones reales del cultivo de palto en Maranura.

5.1.5.2 Datos del emisor

Figura 26

Ficha técnica de gotero regulable

CATÁLOGO: RIEGORAMA

Baeza 

FICHA TÉCNICA DE PRODUCTO

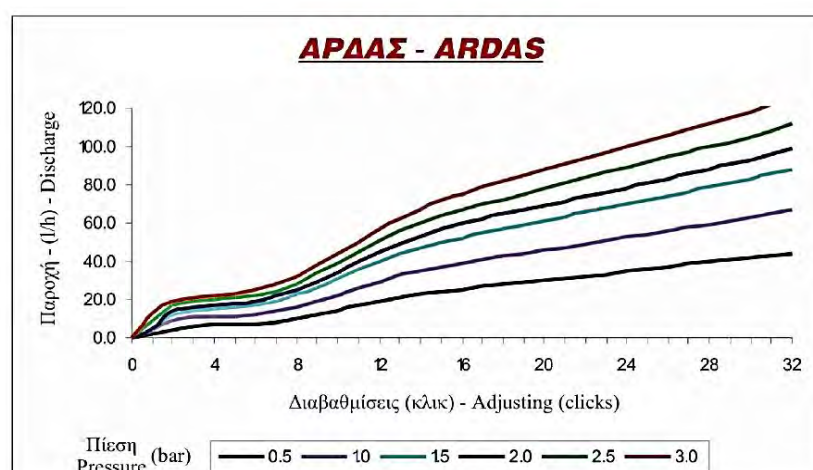


GOTERO REGULABLE 0-70 TURBULENTO

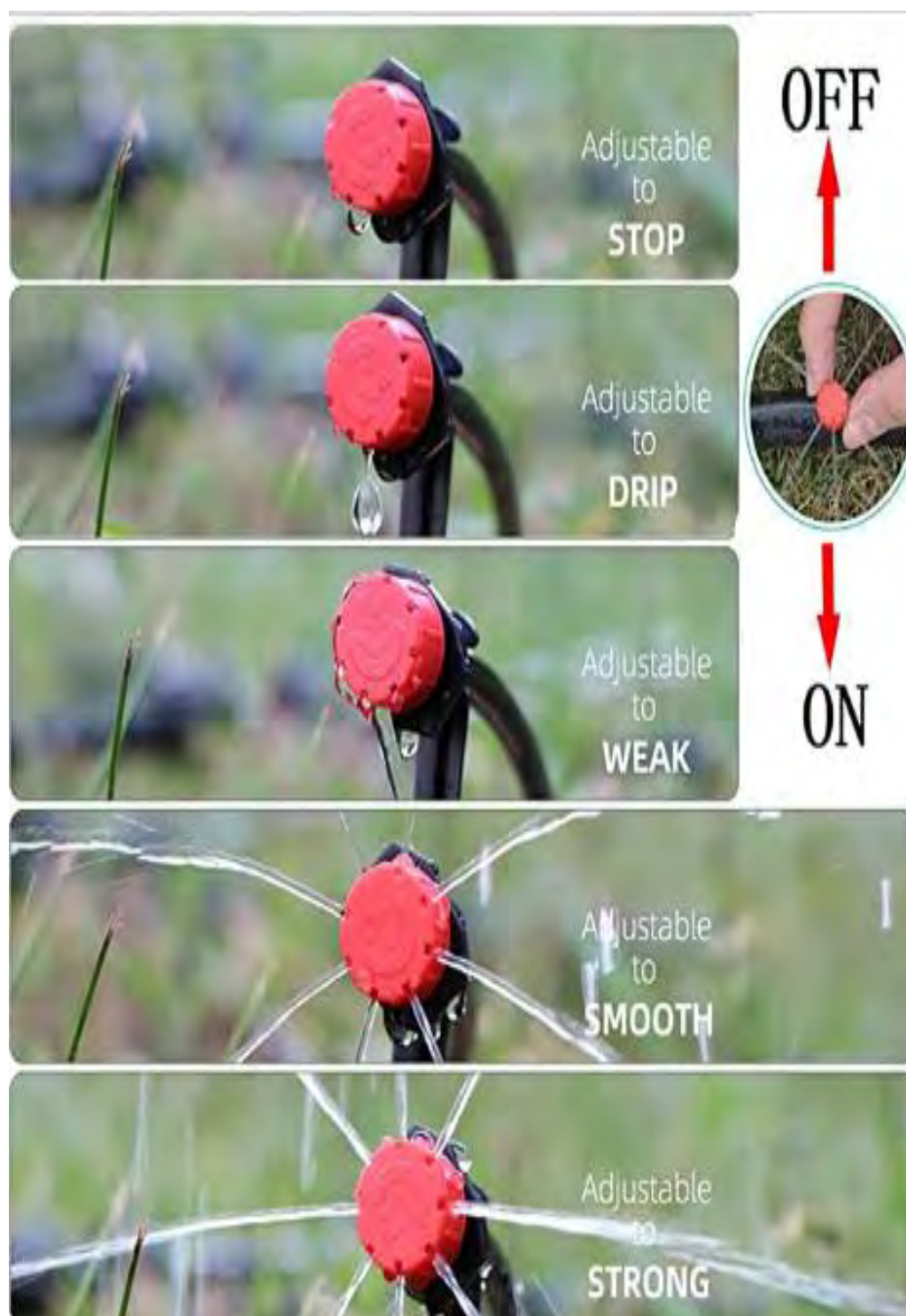
Gotero regulable 0-70 l/h. Variación del caudal en función de la presión, Forma de gota desde 0 a 14 l/h, a partir de ese caudal, la forma de riego es tipo hongo.

Filtración recomendada mínima 200 mesh. Requiere de punzón de 3 mm. para hacer el agujero de inserción

ΑΡΔΑΣ - (0-70 lt/h) - ARDAS												
Type	Παροχή - Discharge											
	0,5 bar		1,0 bar		1,5 bar		2,0 bar		2,5 bar		3,0 bar	
Click	lt/h	gpm	lt/h	gpm	lt/h	gpm	lt/h	gpm	lt/h	gpm	lt/h	gpm
2	3,9	0,017	9,2	0,040	11,9	0,052	14,5	0,064	16,9	0,074	19,5	0,086
4	6,9	0,030	11,1	0,049	14,7	0,065	17,1	0,075	19,6	0,086	22,3	0,098
8	10,1	0,044	16,1	0,071	22,6	0,099	25,0	0,110	28,4	0,125	32,3	0,142
12	19,1	0,084	29,5	0,130	39,8	0,175	44,8	0,197	50,9	0,224	56,7	0,249
16	25,3	0,111	39,3	0,173	52,2	0,233	59,7	0,263	67,2	0,296	75,5	0,332
20	29,8	0,131	45,7	0,201	61,2	0,269	69,0	0,304	78,1	0,344	88,0	0,387
24	34,7	0,152	52,6	0,231	70,1	0,308	78,5	0,345	89,5	0,394	100,3	0,441
28	40,0	0,176	59,4	0,261	78,7	0,346	88,0	0,387	99,6	0,438	112,0	0,493
32	44,2	0,194	66,7	0,293	88,5	0,389	98,6	0,434	112,1	0,493	125,5	0,552



Nota. https://www.baezaonline.com/c/document_library/get_file?uuid=32c7d5cf-267e-4c91-b7b4-f541d5909ac1&groupId=10180

Figura 27*Gotero auto compensado o regulable*

Nota. https://www.baezaonline.com/c/document_library/get_file?uuid=32c7d5cf-267e-4c91-b7b4-f541d5909ac1&groupId=10180

5.1.5.2 Análisis del plan de diseño agronómico_seleccion del emisor

Caudal y presión de la unidad emisora (Q_e): Se determinó la instalación de un emisor de goteo con un caudal nominal de **29.50 L/h**, proyectado para operar a una presión constante de **1.00 bar**. Esta alta capacidad de descarga permite satisfacer rápidamente la lámina requerida reduciendo los tiempos globales de bombeo.

Disposición geométrica en campo: El diseño agronómico establece una configuración de **2.00 laterales de riego** por hilera de cultivo. La separación física del sistema se fijó en **4.00 m entre laterales** y **5.00 m entre emisores**, asegurando una distribución uniforme del agua en la zona radicular.

Precipitación horaria del sistema (P_h): La tasa de aplicación o capacidad de riego calculada para el sistema es de **2.95 mm/h**. Este valor equivale a un caudal específico de **29.50 m³/ha/h** o una entrega de **8.19 L/s/ha**.

Programación y tiempos de operación: Bajo una frecuencia de riego diaria (**1.00 día**), el tiempo de riego total por día (T_d) requerido es de **0.72 horas**. Para optimizar la hidráulica del proyecto, la operación se fraccionó en **2.00 turnos por día**, lo que determina un tiempo de riego por turno (T_r) estricto de **0.36 horas**.

Capacidad y cobertura del sistema por turno: Cada turno de riego sectorizado operará sobre una superficie de **0.25 ha** (coincidiendo con el área máxima por turno). Para abastecer hidráulicamente esta área con la densidad de emisores propuesta, el sistema exige una capacidad máxima por turno de **7.38 m³/h/turno**, lo que representa un caudal de bombeo en cabezal de **2.05 L/s/turno**.

5.1.6 Manejo técnico del cultivo de palto

5.1.6.1 Muestreo y preparación de muestra de suelo

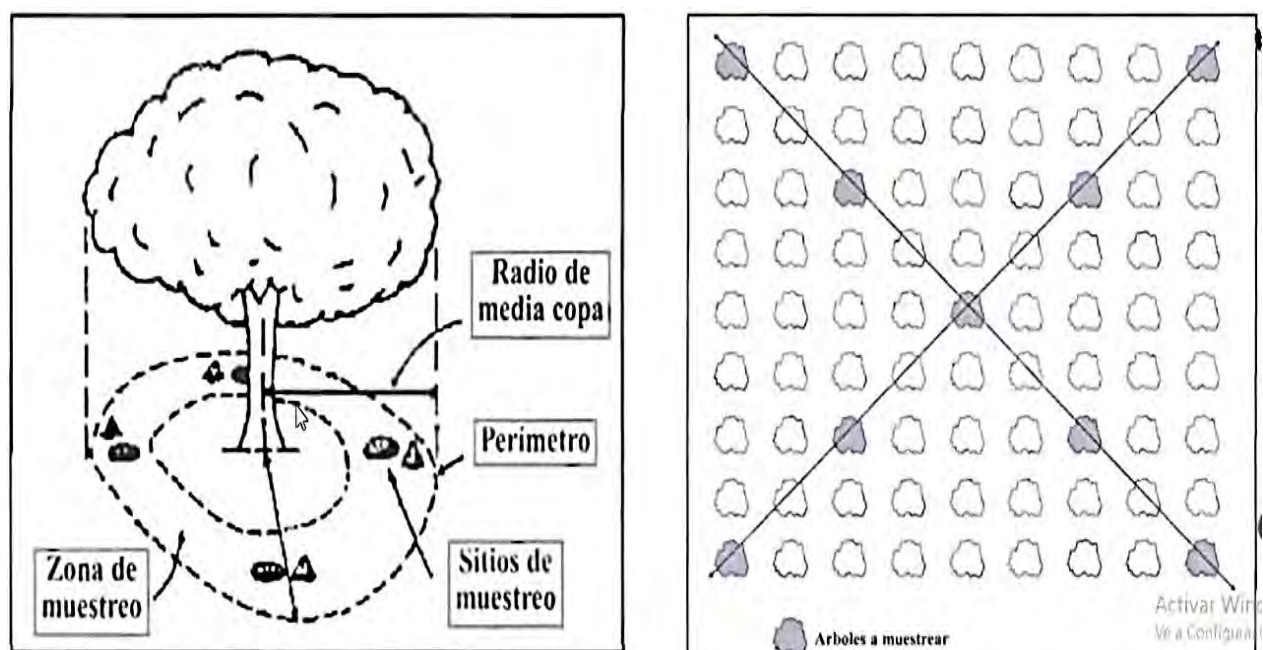
Para obtener los resultados de análisis de suelo, en primera instancia se realizó una serie de pasos, según INIA. (2017), menciona la recomendada secuencia para muestreo de suelos es la que se manifiesta correspondientemente.

a). Delimitar superficie de muestreo: es apropiado poseer un mapa a elaborar el croquis, considerar terrenos planos:

- Área = 5ha, accidentados terrenos
- Área de muestreo no superior a 4ha.

b). Detalla profundidad de muestreo: teniendo dependencia del cultivo asimismo finalidad de muestreo se indica la profundidad.

- Capa arable: 0 hasta 25/30 cm
- Subsuelo: debajo de 25/30 cm

Figura 28*Muestreo de suelos en plantaciones de palto*

Nota. Mendoza R., Espinoza A. (2000).

Figura 29*Plantaciones de palto, area de investigación*

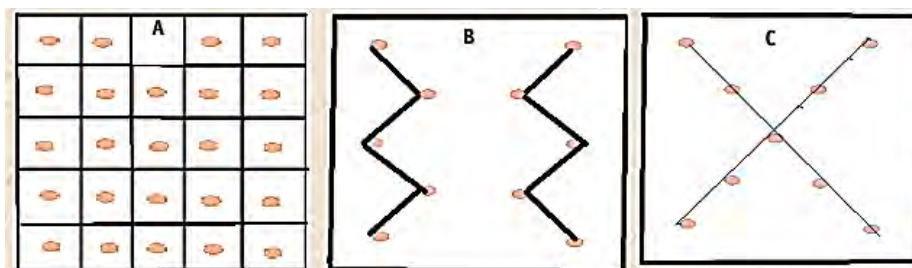
Nota. propia

c). define la forma de muestreo: es camino que se realiza al campo para obtención de submuestras, esto pueden ser:

- En cuadrícula
- En zigzag
- En diagonales

Figura 30

Recorrido en forma cuadrícula (A), en Zigzag (B), y en X (C).



Nota. Mendoza R., Espinoza A. (2000).

d). Cantidad de submuestras: puede alterarse de 5 hasta 25 submuestras por superficie delimitada, cantidad media: 10 hasta 15 submuestras

Figura 31

Submuestras de suelo



Nota. propia

e). al final del recorrido, las submuestras deben ser homogenizadas.

Figura 32

Homogenización de submuestras de suelo



Nota. propia

f). transferir porción de +- 500g de muestra a cajas o bolsas. Identifique cada muestra conforme al campo que conciernen.

Figura 33

Muestra de suelo



Nota. propia

5.1.6.2 Resultados del Análisis de Suelo

Teniendo ya los resultados de análisis de suelo se procede a la interpretación de análisis de suelo para poder obtener dosificación de fertilizantes a utilizar en cultivo de palto para ello se utilizó planillas Excel que sirvió de apoyo en la interpretación de datos y fue la siguiente:

Figura 34

Resultados de análisis físico-químico-mecánico del suelo, parcela de investigación

ANÁLISIS DE FERTILIDAD:

N°	CLAVE	mmhos/cm. C.E.	PH	meq/100 Al ⁺⁺⁺	% M.ORG	% N.TOTAL	ppm P ₂ O ₅	ppm K ₂ O
01	FUNDO VERDE	0.17	6.40	0.10	4.98	0.25	53.9	497

ANÁLISIS FÍSICO MECÁNICO:

N°	CLAVE	meq/100 C.I.C.	% ARENA	% LIMO	% ARCILLA	CLASE-TEXTURAL
01	FUNDO VERDE	17.03	33	41	26	FRANCO

OTROS ANÁLISIS:

N°	CLAVE	% H.E.	% C.C.	gr/c.c. Da	gr/c.c. Dr	% PMP	% POROSIDAD
01	FUNDO VERDE	26.31	25.37	1.35	2.51	12.51	46.21

Nota. Laboratorio de análisis Químico, Físico de suelos, Aguas y Plantas, calle Almagro N° 190

5.1.6.3 Interpretación de análisis de suelo

a). conductividad eléctrica

Definición: es la propiedad que tiene un elemento que le ayuda a conducir la electricidad.

CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA (C.E.) = 0.17 : En términos agronómicos, la conductividad eléctrica refleja de forma indirecta el contenido total de sales en el suelo, un excedente de sales inhibe el desarrollo de plantas y afecta el rendimiento de producción, a continuación, en el cuadro siguiente presentamos la merma de rendimientos por efecto de C.E. del suelo; donde:

CEe: conductividad eléctrica del extracto saturado del suelo en mmhos/cm a 25°C,
CEw: conductividad eléctrica del agua de riego en mmhos/cm a 25°C. (Casas A.,
Casas E, 2000).

Tabla 27

Disminución de rendimientos por efecto de la C.E. del suelo

Cultivo	0% pérdida		10% pérdida		25% pérdida	
	CEe	CEw	CEe	CEw	CEe	CEw
Tomate	2,5	1,7	3,5	2,3	5	3,4
Melón	2,2	1,5	3,6	2,4	5,7	3,8
Papa	1,7	1,1	2,5	1,7	3,8	2,5
Lechuga	1,3	0,9	2,1	1,4	3,2	2,1
Olivo	2,7	1,8	3,8	2,6	5,5	3,7
Limonero	1,7	1,1	2,3	1,6	3,3	2,2
Manzano	1,7	1	2,3	1,6	3,3	2,2
Nogal	1,7	1,1	2,3	1,6	3,3	2,2
Vid	1,5	1	2,5	1,7	4,1	2,7
Palto	1,3	0,9	1,8	1,2	2,5	1,7
Frutilla	1	0,7	1,3	0,9	1,8	1,2

Nota. Sánchez P. (2009). Nutrición de zarzamora

En conclusión, sobre la interpretación de C.E. (conductividad eléctrica del suelo), según el análisis de suelo que nos da un valor de 0.17 mmhos/cm, está dentro de los parámetros establecidos según **tabla N° 28** que le otorga el efecto; efecto despreciable de la salinidad.

Tabla 28*Parámetros de Conductividad eléctrica del suelo*

CE (dS/m) a 25° C	Efectos
< 1.0	Efectos despreciables de la salinidad
1.1 – 2.0	Muy ligeramente salino
2.1 – 4.0	Moderadamente salino
4.1 – 8.0	Suelo salino
8.1 – 16.0	Fuertemente salino
> 16.0	Muy fuertemente salino

Nota. Sánchez P. (2009). Nutrición de zarzamora

b). pH (potencial de hidrogeno) 6.40

El pH representa el negativo logaritmo de actividad de iones de hidrógeno en el suelo, es decir, mide nivel de alcalinidad o acidez de un suelo en una escala que va de 0 a 14. Así, un pH de 6 significa que en la solución hay 10^{-6} gramos de iones de hidrógeno. (Casas A., Casas E, 2000).

En conclusión, sobre pH del suelo, conforme el análisis de suelo que nos da un valor de 6.40, está dentro de los parámetros establecidos según **tabla N° 29** que lo califica como un suelo débilmente ácido y su efecto; máxima disponibilidad de nutrientes.

Tabla 29*Parámetros de pH del suelo*

pH	Calificación del suelo	Efectos
< 4,5	Extremadamente ácido	Condiciones muy desfavorables para el cultivo
4,5-5,0	Muy fuertemente ácido	Toxicidad por Al y lo indicado abajo
5,1-5,5	Fuertemente ácido	Exceso de Cu, Fe, Mn y Zn Déficit de Ca, K, N, Mg, Mo, P y S. Escasa actividad bacteriana
5,6-6,0	Moderadamente ácido	Adecuado para la mayoría de cultivos
6,1-6,5	Débilmente ácido	Máxima disponibilidad de nutrientes
6,6-7,3	Neutro	Mínimos efectos tóxicos
7,4-7,8	Débilmente alcalino	Suelos generalmente con caliza
7,9-8,4	Moderadamente alcalino	Disminuye la disponibilidad de P Deficiencia creciente de Cu, Fe, Mn y Zn
8,5-9,0	Fuertemente alcalino	En suelos no sódicos puede haber carbonato de magnesio Mayores problemas de clorosis férrica
> 9,0	Muy fuertemente alcalino	Suelo sódico. Presencia de carbonato sódico Baja actividad microbiana. Condiciones muy desfavorables

Nota. Agrolab, 2005.

Tabla 30

Disponibilidad de nutrientes respecto al pH del suelo



Nota. Agrolab, 2005.

c). El aluminio (meq/100) =0.10

El aluminio soluble (Al^{3+}) es el elemento más limitante del crecimiento y productividad de cultivos. Afecta estructura además funcionamiento de membrana, síntesis de ADN, elongación celular, nutrición mineral e igualmente metabolismo. (Casas A., Casas E, 2000).

En conclusión, sobre el Aluminio según el análisis de suelo que nos da un valor de 0.10 meq/100 se menciona que está dentro de los parámetros establecidos según **tabla N° 31**, dentro del porcentaje de saturación de aluminio está dentro del rango de <5, con una interpretación de bajo.

Tabla 31*Disponibilidad de nutrientes respecto al pH del suelo*

% Saturación de Aluminio	Interpretación
< 5	Bajo
5 - 15	Medio
15 - 30	Elevado
> 30	Muy Elevado



Nota. Sánchez P. (2009). Nutrición de zarzamora

d). Materia orgánica (%) =4.38

La materia orgánica reduce densidad aparente del suelo, ya que posee densidad inferior que la materia mineral. Aporta a la estabilidad de agregados del suelo, optimiza tasa de infiltración además capacidad de conservación de agua. Una proporción adecuada de materia orgánica en suelo fomenta desarrollo de una apropiada estructura, lo que mejora la aireación. Además, protege al suelo contra erosión y acrecienta capacidad de intercambio catiónico, beneficiando reserva óptima de nutrientes. (Casas A., Casas E, 2000).

En conclusión, sobre la materia orgánica, conforme análisis de suelo nos da un valor de 4.98 %, se menciona que está dentro de los parámetros establecidos según **tabla N° 32**, que califica suelos volcánicos y está dentro del rango 4.1 -6.0, con una interpretación de bajo.

Tabla 32

Referencia de materia orgánica respecto al origen de suelos

Clase	Materia orgánica (%)
Suelos volcánicos	
Muy bajo	< 4.0
Bajo	4.1 – 6.0
Medio	6.1 – 10.9
Alto	11.0 – 16.0
Muy alto	> 16.1
Suelos no volcánicos	
Muy bajo	< 0.5
Bajo	0.6 – 1.5
Medio	1.6 – 3.5
Alto	3.6 – 6.0
Muy alto	> 6.0

Nota. Sánchez P. (2009). Nutrición de zarzamora

e). Nitrógeno total (%) 0.25

Es la suma de valores de nitratos, nitritos, nitrógeno orgánico además nitrógeno amoniacal muestreados en una porción de suelo

En conclusión, sobre el nitrógeno total, conforme análisis de suelo nos da un valor de 0.25 %, se menciona que está dentro de los parámetros establecidos según **tabla N° 33** y está dentro del rango 0.20 – 0.30, con una interpretación de alto.

Tabla 33*Nitrógeno total en el suelo*

Clase	N total (%)
Muy bajo	< 0.05
Bajo	0.05 – 0.10
Medio	0.10 – 0.20
Alto	0.20 – 0.30
Muy alto	> 0.30

**f). Fósforo (ppm) =53.90**

Un nivel apropiado de fósforo en el suelo es crucial para crecimiento de plantas, ya que participa en funciones esenciales como: promover desarrollo de raíces, incentivar un desarrollo vigoroso, beneficia la floración asimismo fructificación, lo que incrementa la cantidad de frutos y semillas, acelerar la maduración de los frutos y mejorar su calidad. La selección de método para analizar reservas disponibles de fósforo en el suelo depende del pH de este. La metodología más empleada son Olsen, recomendado para suelos neutros y alcalinos ($\text{pH} > 7.0$), y Bray y Kurtz, apropiado para suelos ácidos ($\text{pH} < 7.0$). Los resultados se dan como *P* elemental, por lo que convertimos P_2O_5 a *P* multiplicando por 0.436 (ver tabla 34), (Casas A., Casas E, 2000).

Tabla 34

Nitrógeno total en el suelo

FACTORES DE CONVERSIÓN DE EXPRESION DE FERTILIZANTES			
Para transformar	Multiplique x	Para transformar	Multiplique x
NH ₄ a N	0,777	N a NH ₄	1,287
NO ₃ a N	0,226	N a NO ₃	4,425
P ₂ O ₅ a P	0,436	P a P ₂ O ₅	2,293
K ₂ O a K	0,83	K a K ₂ O	1,205
CaO a Ca	0,715	Ca a CaO	1,399
MgO a Mg	0,603	Mg a MgO	1,658
SO ₄ a S	0,322	S a SO ₄	3,105
SO ₃ a S	0,4	S a SO ₃	2,5
FeO a Fe	0,78	Fe a FeO	1,29
MnO a Mn	0,77	Mn a MnO	1,29
CuO a Cu	0,79	Cu a CuO	1,25
B ₂ O ₃ a B	0,31	B a B ₂ O ₃	3,22
ZnO a Zn	0,79	Zn a ZnO	1,25

Nota. Agrolab, 2005.

En conclusión, sobre el fosforo, según el análisis de suelo nos da un valor de 53.90 ppm P₂O₅, nos da en oxido de fosforo para ello debemos convertir a fosforo elemental para ello realizamos la siguiente multiplicación:

$$53.90 \quad ppm \text{ P}_2\text{O}_5 \quad \times 0.436 \quad = \quad 23.50 \quad Ppm \text{ de P}$$

Ya teniendo como resultado de 23.50 ppm de P, llevamos a las tablas para su interpretación y el análisis muestra que según **tabla N° 35**, se encuentra en un rango de 15 – 30 mg/kg, con una clase medio, es decir que si existe fosforo en el suelo.

Tabla 35

Rangos fósforo en el suelo (resultados del Fósforo según Bray y Kurtz).

Clase	mg/kg de P
Bajo	< 15
Medio	15 - 30
Alto	> 30



Nota. Sánchez P. (2009). Nutrición de zarzamora

g). Potasio (ppm) =497

El potasio en el suelo es fundamental para que cumpla las funciones diversas en plantas, tales como: promover formación de hidratos de carbono, mejorar consistencia y firmeza de tejidos vegetales, lo que brinda mayor resistencia frente a ciertas enfermedades. de tejidos vegetales, lo que brinda mayor resistencia frente a ciertas enfermedades. Además, se reconoce como un elemento clave en la calidad de productos, ya que incrementa el peso, coloración y sabor de cultivos. También contribuye a acrecentar resistencia de plantas ante heladas y sequía. Los resultados se dan como K elemental, por lo que convertimos K_2O a K multiplicando por 0.83 (ver tabla 34) (Casas A., Casas E, 2000).

En conclusión, sobre el potasio, según el análisis de suelo nos da un valor de 497 ppm P_2O_5 , nos da en óxido de potasio para ello debemos convertir a potasio elemental para ello realizamos la siguiente multiplicación:

$$497.00 \text{ ppm } K_2O \times 0.83 = 412.51 \text{ ppm de } K$$

Ya teniendo como resultado de 412.51 ppm de K, llevamos a las tablas para su interpretación y el resultado muestra según **tabla N° 36**, se encuentra en un rango de >234 mg/kg, con una clase alto, es decir que si existe potasio en suelo.

Tabla 36

Rangos potasio intercambiable en suelo

Clase	mg/kg de K
Muy bajo	< 78
Bajo	78 – 117
Medio	117 – 234
Alto	> 234



Nota. Sánchez P. (2009). Nutrición de zarzamora.

h). Capacidad de intercambio catiónico C.I.C (meq/100) = 17.03

La CIC se detalla como habilidad de suelos para retener nutrientes en superficie de sus coloides edáficos, lo cual se halla influenciado por la clase de minerales presentes en el suelo. Esta capacidad también refleja la presencia de cargas que permiten albergar nutrientes, lo que es crucial para una adecuada dosificación de fertilizantes, además de estar relacionada con contenido de materia orgánica del suelo. Se considera que, a mayor CIC, mayor será la fertilidad del suelo. (Casas A., Casas E, 2000).

En conclusión, habilidad de intercambio catiónico C.I.C, según el análisis de suelo nos da un valor de 17.03 (meq/100), se menciona que está dentro de los parámetros establecidos según tabla N° 37 lo cual se encuentra en un rango de 15 – 25, con una interpretación de clase media.

Fuente: 1 cmol/kg = 1 meq/100

Tabla 37

Rangos de capacidad de intercambio catiónico en el suelo

Clase	CIC cmol ⁽⁺⁾ kg ⁻¹
Muy alta	>40
Alta	25 – 40
Media	15 – 25
Baja	5 – 15
Muy baja	< 5



Nota. Sánchez P. (2009). Nutrición de zarzamora

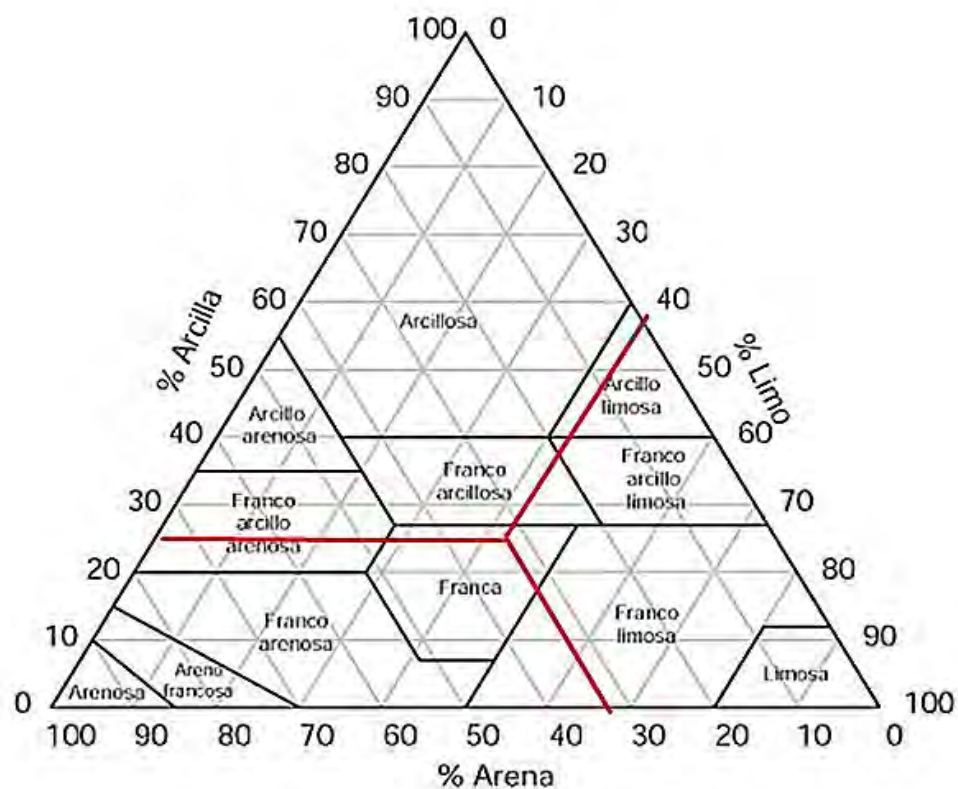
i). Clase textural

La textura del suelo ayuda a conocer que tan apropiadamente el suelo mantiene el agua, que tan apropiadamente retendrá asimismo soltará nutrientes y responderá a diversas prácticas de cultivo. (Casas A., Casas E, 2000).

Según el análisis de suelo se tiene resultados de lo siguiente:

Arena (%)	33
Limo (%)	41
Arcilla (%)	26

En conclusión, según figura N° 35, triangulo textural, se realiza la intersección de los 3 parámetros de arena, limo además arcilla, mostrando que la parcela en investigación corresponde a un suelo franco.

Figura 35*Triángulo textural*

Nota. Agrolab. (2005).

i). Humedad estimada H.E (%) = 26.31

Hace referencia el porcentaje de humedad de la muestra (Casas A., Casas E. 2000).

j). Capacidad de campo (%) = 25.37

Es el estado que alcanza un suelo saturado de agua cuando se deja drenar libremente (Casas A., Casas E, 2000).

k). Punto de marchitez permanente (%) = 12.51

Estado que alcanza un suelo cuando debido a fenómenos de evapotranspiración, las plantas son incapaces de extraer más agua del mismo, llegando a sufrir marchitez irreversible. (Casas A., Casas E, 2000).

Todos estos datos del ítem j y k, podemos sacar un dato más y es la siguiente:

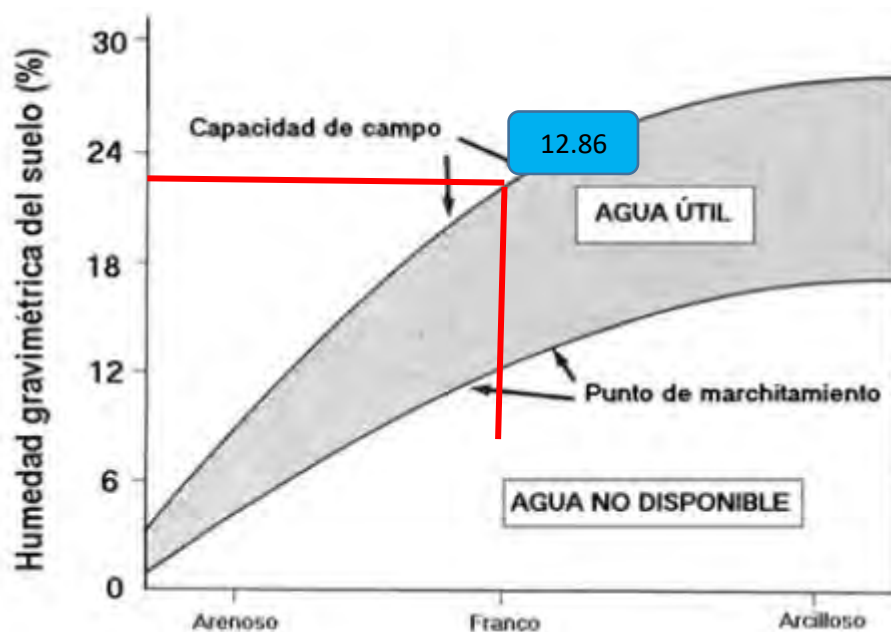
Agua útil: Es agua que se halla entre estado de Capacidad de Campo y Punto de Marchitez Permanente

Figura 36

Agua útil

AGUA ÚTIL (A.U.)	=	CC	-	PMP
AGUA ÚTIL (A.U.)	=	25.37	-	12.5
AGUA ÚTIL (A.U.)	=	12.86	%	
AGUA ÚTIL (A.U.)	=	45.01	mm a 350 mm prof	
AGUA ÚTIL (A.U.)	=	450.1	m ³ /ha	

Ya teniendo ello podemos concluir indicando que teniendo como agua útil de 12.86%, según cuadro N° 37, para un suelo franco, este dato está dentro del parámetro humedad disponible quiere decir que el suelo tiene agua aun y si la encontrara debajo de 8 quiere decir que ese suelo ya no tiene agua.

Figura 37*Agua útil del suelo*

Nota. Agrolab. (2005).

k). Densidad aparente (gr/c.c) = 1.35gr/cm³

Se detalla así a vinculación entre masa seca de suelo y volumen aparente de este, volumen aparente abarca volumen de sólidos asimismo espacios de poros. La misma se indica posterior del secado, a peso continuo, a 105 °C. (Casas A., Casas E, 2000).

En conclusión, análisis de suelo nos proporciona una $D_a = 1.35 \text{ gr/c.c}$, y según tabla N° 38, está dentro del rango de densidad establecido de 1.28 – 1.44, en ese sentido establece una textura franca.

Tabla 38

Valores de densidad aparente, en correspondencia de textura de suelo

TEXTURA	DENSIDAD gr/cm ³
Arcillosa	1.12-1.20
Franco-arcillosa	1.20-1.28
Franca	1.28-1.44
Franco-arenosa	1.44-1.60
Arenosa	1.60-1.76



Nota. Casas y Casas, 2000.

I). Densidad real (gr/c.c) = 2.51 gr/c.c

Se detalla igualmente densidad de partículas sólidas. Se manifiesta como

vinculación de masa general de estas a su volumen total, excluyéndose áreas de poro entre ellas. La masa se indica por medio de pesada asimismo volumen se estima por peso de volumen desplazado por muestra. (Casas A., Casas E, 2000).

En conclusión, el análisis de suelo nos proporciona una $D_r = 2.51 \text{ gr/c.c}$, y según **tabla N° 39**, está dentro del rango de 2.5 – 2.8, en ese sentido establece una que el suelo posee feldespatos, que corresponde a un extenso grupo de minerales constituidos por silicatos de aluminio combinados en sus formas de potásicos, sódicos y cálcicos.

Tabla 39*Valores de densidad real*

MINERAL	DENSIDAD REAL gr/cm3
Cuarzos	2.65
Feldespatos	2.5 – 2.8
Micas	2.7 – 3.3
Apatitos	3.1 – 3.3

Nota. Casas y Casas, 2000.**I). Porosidad (%)**

Es estructura de un suelo, es una propiedad muy relevante de este, fundamentalmente vinculada con retención además transporte de soluciones, gases asimismo calor igualmente porosidad se detalla como volumen de áreas, vacías del suelo manifestado en % del volumen general, se estima por medio de información de densidad aparente asimismo densidad real empleando fórmula. . (Casas A., Casas E, 2000).

$$Pr = \left(\frac{da}{dr} - 1 \right) * 100 \quad \text{ec. 08}$$

En conclusión, el análisis de suelo nos proporciona una Porosidad = 46.21 %, lo cual indica que, teniendo una textura de suelo franco, una característica es justamente que tiene macro y microporos lo cual es importante para la aireación del cultivo y filtre el agua sin que puede retenerse.

8.12.3 Interpretación de la fertilidad del suelo

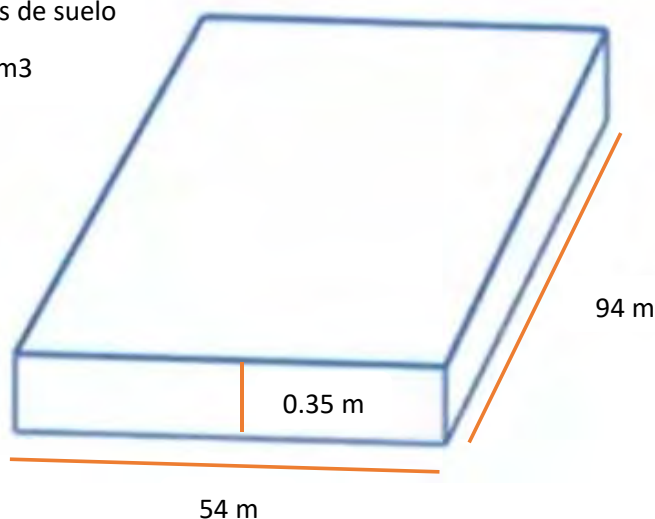
Luego de un exhaustivo análisis de los resultados, pasamos a realizar la interpretación de los análisis de suelo, todo ello para realizar la recomendación al agricultor así mismo debemos interpretar los resultados en kilogramos por hectárea (kg/ha), para ello se tiene que realizar conversiones de unidades, a continuación, paso a detallar los siguientes pasos:

a). Suministro del suelo/Peso de una hectárea

En el caso nuestro tenemos las dimensiones de terreno en la cual se realizó la investigación y se extrajo la muestra de suelo.

DATO: Análisis de suelo

$D_a = 1.35 \text{ g/cm}^3$



Recordar: Unidades de conversión

$$\frac{1g}{cm^3} = \frac{1000kg}{m^3} = \frac{1tn}{m^3}$$

- **Volumen del suelo:** $94m \times 54m \times 0.35m = 1776.6 \text{ m}^3$

b). Cálculo de la masa del suelo: para lo cual solo pasaremos a multiplicar el volumen del suelo por densidad aparente

masa del suelo: (Densidad aparente x Volumen del suelo)

$$1.35 \text{ tn/m}^3 \times 1776.6 \text{ m}^3$$

$$\text{Masa del suelo} = 2398.41 \text{ tn}$$

- **Paso seguido expresamos en Kg.**

$$2398.41 \text{ tn} \times 1000 \text{ kg} = 2,398,410 \text{ kg}$$

c). Conversión de ppm a Kg/ha

- **para N = 25 % N total**, equivale a N = 25 ppm (Fuente: está en forma de óxido)

Recordar: Unidades de conversión

Entonces:

$$\begin{array}{l}
 1 \text{ ppm} = \frac{1 \text{ mg}}{\text{kg}} \quad \text{ec. 23} \\
 \frac{25 \text{ mg N}}{1 \text{ kg suelo}} \left(\frac{2,398,410 \text{ kg}}{0.507 \text{ ha}} \times \frac{1 \text{ g N}}{1000 \text{ mg N}} \times \frac{1 \text{ kg N}}{1000 \text{ g N}} \right) \\
 25 \times \frac{4.725 \text{ Kg}}{\text{ha}} \quad \longrightarrow \quad 118 \text{ kg NO}_3/0.51 \text{ ha}
 \end{array}$$

Conclusión: el aporte de N según el análisis de suelo es de 118 kg de N, es decir que el suelo está aportando o suministrando con 118 kg de N, cabe indicar en la expresión de óxido de nitrógeno.

- **para P = 53.90 ppm**

Recordar: Unidades de conversión

Entonces:

$$\begin{array}{l}
 1 \text{ ppm} = \frac{1 \text{ mg}}{\text{kg}} \quad \text{ver. ec. 23} \\
 \frac{53.90 \text{ mg P}}{1 \text{ kg suelo}} \left(\frac{2,398,410 \text{ kg}}{0.507 \text{ ha}} \times \frac{1 \text{ g P}}{1000 \text{ mg P}} \times \frac{1 \text{ kg P}}{1000 \text{ g P}} \right) \\
 53.90 \times \frac{4.725 \text{ Kg}}{\text{ha}} \quad \longrightarrow \quad 255 \text{ kg P}/0.51 \text{ ha}
 \end{array}$$

De P a P₂O₅: Convertiremos de fósforo elemental a óxido de fósforo, ya que para la dosificación el fertilizante a adquirir viene en esa expresión, para lo cual utilizaremos la tabla de conversión que anteriormente usamos, ver tabla 37 y realizando la operación tendremos:

$$255 \text{ kg P/ha} \times 2.293 = 585 \text{ kg P}_2\text{O}_5/0.51 \text{ ha}$$

Conclusión: el aporte de P según el análisis de suelo es de 585 kg de P, es decir que el suelo está aportando con 585 kg de P, cabe indicar en la expresión de óxido de fósforo.

- **para K = 497 ppm**

Recordar: Unidades de conversión

$$1 \text{ ppm} = \frac{1 \text{ mg}}{\text{kg}} \quad \text{ver. ec. 23}$$

Entonces:

$$\frac{497 \text{ mg K}}{1 \text{ kg suelo}} \left(\frac{2,398,410 \text{ kg}}{0.507 \text{ ha}} \times \frac{1 \text{ g K}}{1000 \text{ mg K}} \times \frac{1 \text{ kg K}}{1000 \text{ g K}} \right)$$

$$497 \times \frac{4.725 \text{ Kg}}{\text{ha}} \longrightarrow 2348 \text{ kg K/0.51 ha}$$

De K a K₂O: Convertiremos de potasio elemental a óxido de potasio, ya que, para la dosificación, el fertilizante a adquirir viene en esa expresión, para lo cual utilizaremos la tabla de conversión que anteriormente usamos, ver tabla 14 y realizando la operación tendremos:

$$2348 \text{ kg K/ha} \times 1.205 = 2829 \text{ kg K}_2\text{O/0.51 ha}$$

Conclusión: el aporte de K según el análisis de suelo es de 2829 kg de K, es decir que el suelo está aportando con 2829 kg de K, cabe indicar en la expresión de óxido de potasio.

d). Demanda del cultivo

para obtener el nivel de fertilización o demanda del cultivo lo recomendable es recurrir a investigaciones, lo cual nos digan la cantidad de fertilizantes que se utiliza para cosechar 1 tonelada de fruta, bajo esa premisa pasamos a detallar en la tabla 1 y 2, la revisión de bibliografía y los resultados de nivel de fertilización fueron:

Tabla 40

Factores de demanda NPK, para diversos cultivos, mencionados en Kg de nutriente por tm de producto generado

CULTIVO	Factor de demanda (kg/Tm de producto)		
	N	P	K
Pimiento	3,6	0,3	4,2
Tomate	7,4	0,9	11,0
Fresa	7,0	0,9	8,1
Melón	4,0	1,0	6,2
Sandía	3,2	0,8	3,3
Coliflor	7,5	1,1	12,0
Brócoli	6,0	0,9	5,0
Col	5,0	0,8	5,5
Café	18,0	1,3	16,6
Caña de azúcar	1,3	0,2	1,2
Tabaco	77	5,7	73
Aguacate	21,7	3,3	13,9
Limón	5,7	0,6	3,6
Naranja	5,8	0,6	3,4
Manzana	5,8	0,6	3,4
Arroz	13,2	3,3	26,0
Patata	4,0	0,5	3,8
Trigo	24,3	3,5	24,1

Nota. Pinilla, 2001.

Se Cuenta con un nivel de fertilización ver tabla 40 para el cultivo de aguacate así mismo el rendimiento esperado de es de 6.5 toneladas/ha, para lo cual se procedió a multiplicar quedando un nuevo nivel de fertilizante:

- 141.05N - 21.45P - 90.35K.

Tabla 41

Requerimientos nutricionales para producir 6.5 tonelada de fruta

Cultivar	Nitrógeno (Kg)	Fosforo (Kg)	Potasio (Kg)
Aguacate	21.7	3.3	13.9
Rendimiento esperado 6.5 tn en 1/2ha	6.5	6.5	6.5
demanda del cultivo en tn/ha	141.05	21.45	90.35

Nota. propia

e). Dosis de fertilización

Para hallar la dosis de fertilización se utilizó la fórmula propuesta por Sánchez P. (2009). Donde hace mención a la siguiente formula:

$$Dosis\ de\ fertilizante = \frac{(requerimiento\ del\ cultivo) - (resultado\ de\ analisis)}{eficiencia\ del\ elemento\ nutritivo}$$

- **Para N**

$$Dosis\ de\ fertilizante = \frac{(141.05\ kg\ N) - (118\ kg\ N)}{0.50}$$

$$Dosis\ de\ fertilizante = \frac{23.05\ kg\ N}{0.50}$$

Dosis de fertilización = 46.10 kg/ha de N

Una vez que ya se tiene la dosis de fertilización a aplicar a la parcela, necesitamos mencionar el tipo de fertilizante a aplicar en base al elemento nitrógeno por ejemplo se puede aplicar nitrato de amonio, nitrato de calcio etc., como fuente de

nitrógeno sin embargo propondremos a utilizar la urea como fuente de nitrógeno ya que por el costo bajo que representa y teniendo la mayor cantidad de nitrógeno disponible, por ejemplo.

Figura 38

Producto comercial de la Urea fuente de nitrógeno



Nota. propia

Ya teniendo el porcentaje de nitrógeno de la urea que vendría a hacer 46% de nitrógeno que contiene la urea, luego de ello pasamos a calcular la dosis de fertilización de la Urea y es la siguiente.

$$\text{Dosis de fertilizante de la UREA} = \frac{46.10 \text{ kg/ha N}}{0.46}$$

$$\text{DF Urea} = 100 \text{ kg/ha de N}$$

Esta es la cantidad que se recomienda al agricultor para fertilizar su cultivo.

- **Para P**

$$\text{Dosis de fertilizante} = \frac{(21.45 \text{ kg P}) - (585 \text{ kg P})}{0.25}$$

Dosis de fertilización = -2254 kg/ha de P

Al ser negativo indica que existe suficiente de este elemento en el suelo

- **Para k**

$$\text{Dosis de fertilizante} = \frac{(90.35 \text{ kg k}) - (2829 \text{ kg k})}{0.65}$$

Dosis de fertilización = -4213 kg/ha de k

Al ser negativo indica que existe suficiente de este elemento en el suelo

f). cuadro resumen de fertilización

Tabla 42

Calculo dosis de nutrimento para palto

CALCULO DE DOSIS DE NUTRIMENTO			
Ítem	N (ppm)	P (ppm)	K (ppm)
Resultados de análisis de suelo	25	53.9	497
	N (ha)	P2O5 (ha)	k2O (ha)
Valores transformados en kg/ha	118	585	2829
Extracción de nutrientes en kg/ha			
Requerimiento del cultivo	141.05	21.45	90.35
Requerimiento de nutrientes en Kg/ha			
Dosis de nutrimentos	100	-2254	-4213

Dato: Los valores negativos indican existencia de nutrientes superiores con respecto a las extracciones de cultivo

Nota. propia

5.1.7 Toma de muestra de Agua

Otro tema de gran importancia por analizar es el agua, ya que sin esta se perdería los rendimientos en los cultivos, es así que es de interés conocer el análisis de agua y determinar si los parámetros se ajustan al cultivo de palto, para ello se procedió a sacar una muestra de agua para luego enviar al laboratorio.

Figura 39

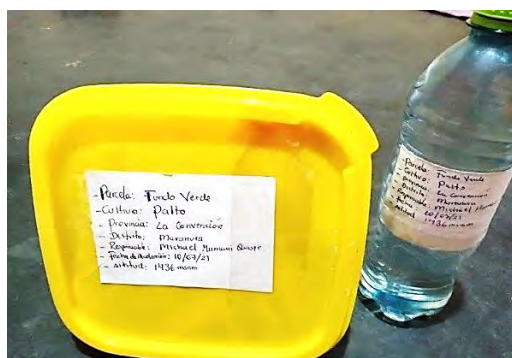
Toma de muestra de agua de sistema de riego



Nota. Elaboración propia

Figura 40

muestra de agua del sistema de riego



Nota. propia

5.1.7.1 Resultados de Análisis de Agua

Teniendo ya los hallazgos del análisis de agua se procede a la interpretación y análisis de esta misma para poder determinar y obtener la cantidad de nutrientes que contribuye el agua todo ello para realizar un plan de fertilización adecuado para cultivo de palto.

Figura 41

Resultados de análisis de agua de la parcela de investigación

N°	DETERMINACIONES	UNIDAD	FUNDO - VERDE
01	DUREZA TOTAL CaCO_3	meq/L	1.50
02	ALCALINIDAD TOTAL HCO_3	meq/L	0.45
03	ACIDEZ TOTAL CO_2	meq/L	0.25
04	CLORUROS Cl^-	meq/L	0.14
05	SULFATOS SO_4	meq/L	1.05
06	SODIO Na^+	meq/L	0.12
07	POTASIO K^+	meq/L	0.02
08	CALCIO Ca^{++}	meq/L	1.42
09	MAGNESIO Mg^{++}	meq/L	0.42
10	pH		6.80
11	C.E.	mmhos/cm	0.13
12	RAS		0.50
13	CLASE		C ₁ -S ₁

NOTA : LA MUESTRA DE AGUA ES DE LA CLASE (C₁-S₁) QUE SIGNIFICA UNA SALINIZACION BAJA Y UNA ALCALINIZACION BAJA POR CONSIGUIENTE LA MUESTRA DE AGUA ES DE UNA BUENA CALIDAD PARA EL USO DE RIEGO CORRESPONDIENTE.

Nota. Laboratorio de análisis Químico, Físico de suelos, Aguas y Plantas, calle Almagro N° 190

5.1.7.2 Interpretación de análisis de Agua

a). Dureza total

DUREZA TOTAL $\text{CaCO}_3 = 1.50 \text{ meq/L}$

Dureza del agua es generada primordialmente por dureza de iones divalentes de calcio (Ca^{2+}) y Magnesio (Mg^{2+}) diluidos en agua. Otros cationes como hierro (Fe^{2+}) o Aluminio (Al^{3+}), así como aniones de sulfatos (SO_4^{2-}), nitratos (NO_3^-) o cloruros (Cl^-) pueden aportar a dureza, no obstante, su presencia es inferiormente crítica. Dureza de agua se manifiesta como miligramos por litro (mg/L) de carbonato de calcio (CaCO_3).

Tabla 43

Índice de dureza de agua indicada en CaCO_3

Denominación	ppm CaCO_3	meq/L CaCO_3
Muy suave	0-15	0 - 0.3
Suave	16-75	0.32 - 1.5
Medias	76-150	1.51 - 3.0
Duras	150-300	3.0 - 6.00
Muy duras	Mayor de 300	Mayor de 6.00

Nota. <https://www.intagri.com/articulos/agua-riego/la-dureza-del-agua-y-su-importancia-en-el-riego-por-goteo>

En conclusión, la dureza total, según el análisis de agua nos da un valor de 1.50 meq/L CaCO_3 , cabe decir está dentro de los parámetros establecidos según tabla N° 43 que le otorga la denominación de suave, lo cual no habrá problemas por carbonato de calcio ya que esta trae problemas como las costras en los goteros y en las paredes de las mangueras lo cual obstruirían los goteros y el buen desempeño del sistema de riego.

b). Alcalinidad total HCO_3^-

ALCALINIDAD TOTAL HCO_3^- 0.45 meq/L

La alcalinidad del agua es también conocida como la capacidad buffer del agua. En general la alcalinidad del agua se debe a contenidos de carbonatos y bicarbonatos en solución, los cuales son muy comunes en las aguas subterráneas. Se encuentran como Bicarbonatos (HCO_3^-), bicarbonatos de calcio $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$, bicarbonato de Sodio (NaHCO_3) o bicarbonato de magnesio $\text{Mg}(\text{HCO}_3)_2$.

Las sustancias alcalinas en el agua equilibran el pH cuando se adicionan ácidos. En otras palabras, la alcalinidad total es una medida de la capacidad del agua para resistir el cambio en el pH

Tiene relación con la dureza del agua por lo que podemos evaluar su concentración como suave.

c). Acidez total CO_2

ACIDEZ TOTAL CO_2 = 0.25 meq/L

La acidez de un agua corresponde a la presencia de dióxido de carbono, ácidos minerales y cationes que al hidrolizarse dan medio ácido. Aguas cuyo pH es superior a 4.5, no contienen ácidos fuertes.

La acidez se refiere a la presencia de sustancias disociables en agua y que como producto de disociación generan el ión hidronio (H_3O^+), como son los ácidos fuertes y ácidos débiles; también la presencia de ciertos cationes metálicos como el Fe (III) y el Al (III) contribuyen a la acidez del medio.

Ácido fuerte: Es aquel que se ioniza completamente (disocia) en una solución. Ejemplos: ácido clorhídrico (HCl), ácido nítrico (HNO_3), ácido sulfúrico (H_2SO_4). Que sean conocidos los riesgos de trabajar con ácidos fuertes, así como las precauciones necesarias para su manipulación.

Los ácidos débiles son ácidos que no se disocian completamente en solución, por ejemplo el ácido fosfórico (H_3PO_4), ac. Sulfuroso (H_2SO_3), ac. Carbónico (H_2CO_3), ac. Nitroso (HNO_2), ac. Bórico (H_3BO_3).

d). Cloruros

CLORUROS Cl^- 0.14 meq/L

Presentan efectos tóxicos cuando se encuentra en altas concentraciones. Sin embargo, la susceptibilidad de los cultivos dependerá de la variedad o patrón (en el caso de frutales) que se utilice. Los síntomas visuales característicos son necrosis o quemaduras que aparecen inicialmente en los ápices de las hojas, con un característicos tono bronceado en los primeros estadios. Si la concentración es muy elevada la necrosis se extiende e incluso se puede producir una defoliación. Al igual que sodio, es importante el sistema de riego debido a que el efecto negativo que causa el cloro en el follaje es de manera directa cuando se emplea riego por aspersión que cuando se utiliza riego por goteo o gravedad. Se prefiere que el agua contenga lo menos posible de cloruros.

Tabla 44

Tolerancia aproximada de diversos cultivos a los cloruros en meq/L en solución del suelo y en el agua

CULTIVO	Cl ⁻ suelo	Cl ⁻ agua	CULTIVO	Cl ⁻ suelo	Cl ⁻ agua
Aguacate	4	2.7	Lechuga	8	5.3
Frijol	4	2.7	Pimiento	8	5.3
Limón	4.5	3.0	Geranio	8	5.3
Tabaco	4.5	3.0	Pepino	10	6.7
Fresa	6	4.0	Tomate	15	10.0
Naranja	7	4.7	Gladiolo	20	13.3
Arroz	7	4.7	Algodón	20	13.3
Sorgo	7.5	5.0	Remolacha	25	16.7

Nota. <https://www.intagri.com/articulos/agua-riego/la-dureza-del-agua-y-su-importancia-en-el-riego-por-goteo>- Nota. Alarcón V., Antonio. Introducción al diagnóstico agrícola. 2018.

En conclusión, en cuanto a los cloruros, según el análisis de agua nos da un valor de 0.14 meq/L, cabe decir está dentro de los parámetros establecidos según tabla N° 44 que no tendrá ningún efecto toxico para la planta.

e). Sulfatos S04

SULFATOS S04= 1.05 meq/L
Los sulfatos a elevadas concentraciones, más que un efecto de toxicidad, ejercen una acción limitadora en la absorción del calcio por la planta y un aumento en la absorción de sodio y potasio, además de contribuir a la elevación de la presión osmótica del medio.

f). Sodio Na

SODIO Na ⁺	0.12	meq/L
El exceso de iones de sodio desplaza el calcio (Ca) y magnesio (Mg) y provoca la dispersión y desagregación del suelo. El suelo se vuelve duro y compacto en condiciones secas y reduce la infiltración de agua y aire a través de los poros que conforman el suelo. Los límites de tolerancia para los diferentes cultivos al ión sodio vienen a ser muy parecidos a los del cloruro. Causan clorosis en los bordes de las hojas mas viejas y se extienden a las zonas intervenales. El sodio puede alterar el balance nutritivo de la planta causando deficiencia de Calcio, Magnesio o Potasio.		

g). Potasio K

POTASIO K ⁺	0.02	meq/L
Un nivel alto de potasio no suele ser preocupante para el crecimiento de las plantas. Los niveles superiores a 10 mg/L pueden indicar una contaminación del agua por parte de los fertilizantes o de otras fuentes artificiales. Las concentraciones en el agua son útiles simplemente para determinar los requisitos generales de fertilización para las plantas que reciben el agua de riego.		

h). Calcio Ca.

CALCIO Ca ⁺⁺	1.42	meq/L
Los niveles de calcio por debajo de 40 mg/L suelen requerir la adición de fertilizantes de calcio para evitar la deficiencia, mientras que los niveles altos de calcio por encima de 100 mg/L pueden provocar antagonismo y la consiguiente deficiencia de fósforo o magnesio. Los niveles elevados de calcio también pueden provocar la obstrucción del equipo de riego debido a la formación de incrustaciones (CaCO ₃ y otros compuestos que precipitan fuera de la solución)		

i). Magnesio Mg.

MAGNESIO Mg ⁺⁺	0.42	meq/L
Al igual que el calcio, el magnesio en el agua por lo general, sólo es problema cuando está por debajo de 25 mg/L, lo que hace necesaria la adición de magnesio en el abono. El magnesio también puede causar la formación de incrustaciones en concentraciones altas, lo que puede causar taponamiento de goteros.		

j). pH del agua.

pH	6.80
Un pH elevado (>7,0) puede reducir la disponibilidad de varios metales y micronutrientes, causando síntomas de deficiencia. Un pH elevado suele ir acompañado de una alcalinidad elevada. Los problemas de pH alto pueden corregirse mediante una inyección de ácido o, en algunos casos, utilizando un fertilizante ácido.	
Un pH bajo (< 5,0) puede dar lugar a altos niveles tóxicos de metales como el hierro y el manganeso; esto se encuentra generalmente en combinación con una baja alcalinidad. Los problemas de pH bajo pueden corregirse cambiando a un fertilizante básico o encalando el medio de cultivo.	

Figura 42**La importancia del pH**

Nota. Picarona Blog

k). Conductividad eléctrica C.E

C.E. 0.13 mmhos/cm

Los niveles elevados de conductividad en el agua pueden dañar los medios de crecimiento y la función de enraizamiento, lo que provoca desequilibrios de nutrientes y problemas de absorción de agua. La conductividad del agua limpia típica es de 0 a 0,6 mmhos/cm. La conductividad de las soluciones de fertirrigación varía en función de la concentración de fertilizantes y de la sal, pero generalmente oscila entre 1,5 y 2,5 mmhos/cm. Para evitar problemas por exceso de sales, el agua bruta antes de la adición de fertilizantes debe estar por debajo de 1 mmhos/cm para los goteros. Una conductividad del agua bruta superior a 3 mmhos/cm puede causar graves efectos en el crecimiento de muchas plantas.

Una alta conductividad eléctrica en el agua de riego implica a menudo una alta concentración de iones particulares potencialmente tóxicos, como los cloruros, sodio, boro, etc. Cada tipo de cultivo tiene una tolerancia a la salinidad distinta, la literatura agronómica describe el umbral de la conductividad eléctrica en agua y suelo para cultivos individuales por encima del cual se reduce el rendimiento de producción de la planta.

Tabla 45*Calidad de agua de riego*

Rendimientos	100%		90%		75%		50%		0%	
(Conductividad eléctrica en dS/m)	Extracto saturado CEe	Agua riego CEw	Extracto saturado CEe	Agua riego CEw	Extracto saturado CEe	Agua riego CEw	Extracto saturado CEe	Agua riego CEw	Extracto saturado CEe	Agua riego CEw
EXTENSIVOS										
Cebada	8	5,3	10	6,7	13	8,7	18	12	28	19
Algodón	7,7	5,1	9,6	6,4	13	8,4	17	12	27	18
Remolacha	7	4,7	8,7	5,8	11	7,5	15	10	24	16
Trigo 4,6	6	4	7,4	4,9	9,5	6,3	13	8,7	20	13
Soja	5	3,3	5,5	3,7	6,3	4,2	7,5	5	10	6,7
Arroz	3	2	3,8	2,6	5,1	3,4	7,2	4,8	11	7,6
Caña de azúcar	1,7	1,1	3,4	2,3	5,9	4	10	6,8	19	12
Maíz	1,7	1,1	2,5	1,7	3,8	2,5	5,9	3,9	10	6,7
Haba	1,5	1,1	2,6	1,8	4,2	2	6,8	4,5	12	8
Alubia	1	0,7	1,5	1	2,3	1,5	3,6	2,4	6,3	4,2
HORTALIZAS										
Calabacín	4,7	3,1	5,8	3,8	7,4	4,9	10	6,7	15	10
Remolacha roja	4	2,7	5,1	3,4	6,8	4,5	9,6	6,4	15	10
Brócoli, Brécol	2,8	1,9	3,9	2,6	5,5	3,7	8,2	5,5	14	9,1
Tomate	2,5	1,7	3,5	2,3	5	3,4	7,6	5	13	8,4
Pepino	2,5	1,7	3,3	2,2	4,4	2,9	6,3	4,2	10	6,8
Espinaca	2	1,3	3,3	2,2	5,3	3,5	8,6	5,7	15	10
Apio	1,8	1,2	3,4	2,3	5,8	3,9	9,9	6,6	18	12
Col	1,8	1,2	2,8	1,9	4,4	2,9	7	4,6	12	8,1
Patata	1,7	1,1	2,5	1,7	3,8	2,5	5,9	3,9	10	6,7
Maíz dulce	1,7	1,1	2,5	1,7	3,8	2,5	5,9	3,9	10	6,7
Boniato	1,5	1	2,4	1,6	3,8	2,5	6	4	11	7,1
Pimiento	1,5	1	2,2	1,5	3,3	2,2	5,1	3,4	8,6	5,8
Lechuga	1,3	0,9	2,1	1,4	3,2	2,1	5,1	3,4	9	6
Rábano	1,2	0,8	2	1,3	3,1	2,1	5	3,4	8,9	5,9
Cebolla	1,2	0,8	1,8	1,2	2,8	1,8	4,3	2,9	7,4	5
Zanahoria	1	0,7	1,7	1,1	2,8	1,9	4,6	3	8,1	5,4
Judía	1	0,7	1,5	1	2,3	1,5	3,6	2,4	6,3	4,2
Nabo	0,9	0,6	2	1,3	3,7	2,5	6,5	4,3	12	8
FRUTAS										
Palmera datilera	4	2,7	6,8	4,5	11	7,3	18	12	32	21
Pomelo	1,8	1,2	2,4	1,6	3,4	2,2	4,9	3,3	8	5,4
Naranja	1,7	1,1	2,3	1,6	3,3	2,2	4,8	3,2	8	5,3
Melocotón	1,7	1,1	2,2	1,5	2,9	1,9	4,1	2,7	6,5	4,3
Albaricoque	1,6	1,1	2	1,3	2,6	1,8	3,7	2,5	5,8	3,8
Uva (Vitis sp.)	1,5	1	2,5	1,7	4,1	2,7	6,7	4,5	12	7,9
Almendra	1,5	1	2	1,4	2,8	1,9	4,1	2,8	6,8	4,5
Ciruela	1,5	1	2,1	1,4	2,9	1,9	4,3	2,9	7,1	4,7
Mora (Rubus sp.)	1,5	1	2	1,3	2,6	1,8	3,8	2,5	6	4
Fresa (Fragaria sp.)	1	0,7	1,3	0,9	1,8	1,2	2,5	1,7	4	2,7

Nota. Prismab

l). Relación de Absorción de sodio RAS.

RAS 0.50

El RAS se utiliza para evaluar las concentraciones relativas de sodio, calcio y magnesio en el agua de riego y proporciona un indicador útil de sus posibles efectos perjudiciales sobre la estructura y la permeabilidad del suelo. Normalmente, un valor de RAS inferior a 2,0 se considera muy seguro para las plantas, especialmente si la concentración de sodio es también inferior a 50 mg/L.

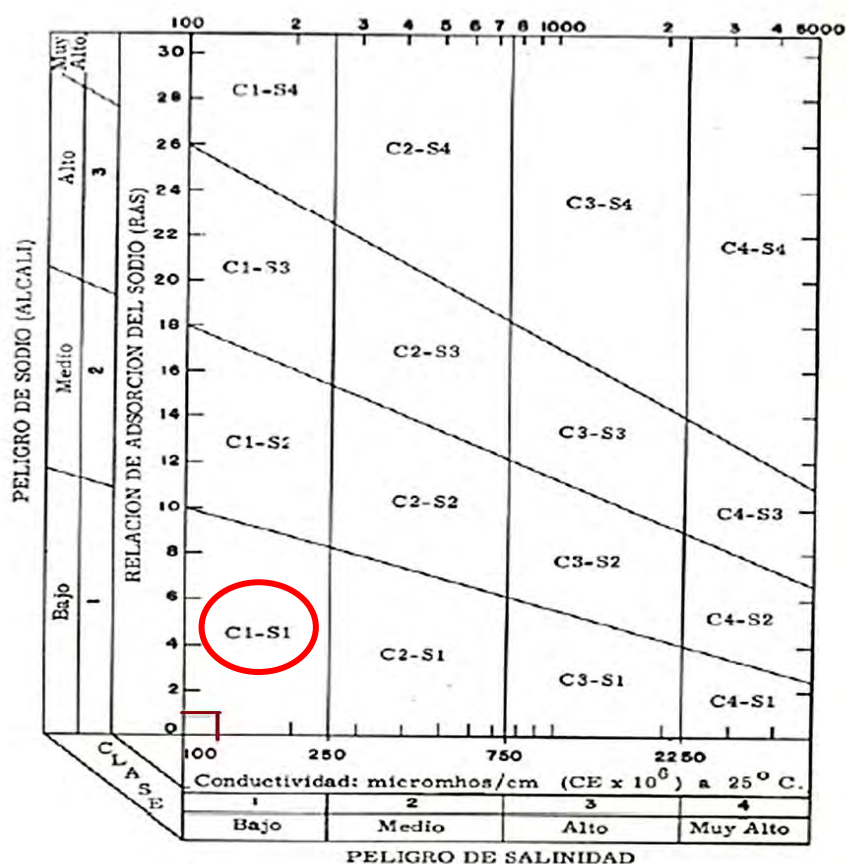
m). Clase de agua

CLASE C1-S1

Según las normas de Riverside el agua se clasifica como C1S1: Salinización y Alcalinización bajas por consiguiente el agua es de buena calidad para el uso de riego correspondiente.

Figura 43

Parámetros de clase de agua



Nota. Prismab

Tabla 46*Compatibilidad de fertilizantes*

0	UREA	NITRATO DE AMONIO	SULFATO DE AMONIO	NITRATO DE CALCIO	NITRATO DE MAGNESIO	FOSFATO MONOAMONICO	FOSFATO MONOPOTASICO	NITRATO DE POTASIO	SULFATO DE POTASIO	CLORURO DE POTASIO	ACIDO FOSFORICO	ACIDO NITRICO	ACIDO SULFURICO	SULFATO DE Fe, Cu, Mn, Zn	QUELATOS	SULFATO DE MAGNESIO
UREA																
NITRATO DE AMONIO	C															
SULFATO DE AMONIO	I	C														
NITRATO DE CALCIO	C	C	I													
NITRATO DE MAGNESIO	C	C	C	C												
FOSFATO MONOAMONICO	C	C	C	I	I											
FOSFATO MONOPOTASICO	C	C	C	I	I	C										
NITRATO DE POTASIO	C	C	R	C	C	C	C									
SULFATO DE POTASIO	C	C	R	I	I	C	C	C								
CLORURO DE POTASIO	C	C	C	I	C	C	C	C	R							
ACIDO FOSFORICO	C	C	C	I	I	C	C	C	C	C						
ACIDO NITRICO	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C					
ACIDO SULFURICO	C	C	C	I	I	C	C	C	R	C	C	C				
SULFATO DE Fe, Cu, Mn, Zn	C	C	C	I	I	I	C	C	R	C	C	C	C			
QUELATOS	C	C	C	R	R	R	C	C	C	C	R	I	C	C		
SULFATO DE MAGNESIO	C	C	C	I	I	I	C	C	R	C	C	C	C	C	C	

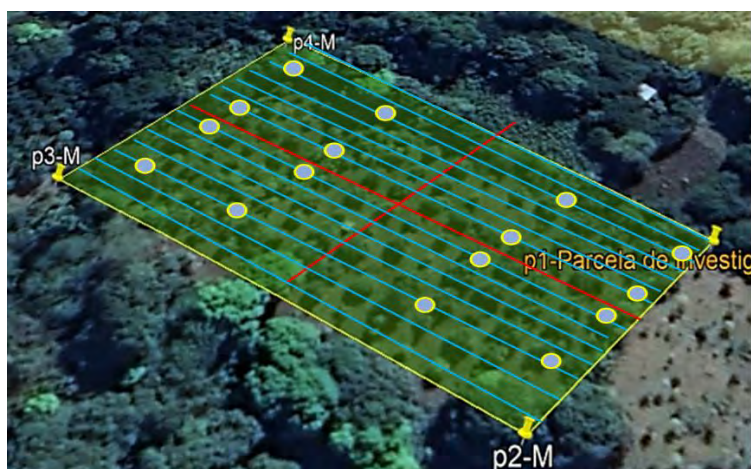
Nota: Prismab , C= Compatible; R= Restricción a la solubilidad; I= Incompatible

5.1.8 Resultados coeficiente de uniformidad (CU).

Se realizó con la finalidad de garantizar un riego adecuado en la parcela de investigación es decir si todos los goteros están dotando la misma cantidad de agua, ya que un riego desuniforme conlleva a una baja producción en el cultivo, para ello se realizó mantenimiento del módulo de riego; sistema de filtrado, elementos de control y medición, estado situacional de la correspondiente red de distribución, laterales y porta emisores, se aforaron los goteros Autocompensado en un tiempo de 1 minuto.

Figura 44*Medición de volumen de descarga del emisor**Nota. propia*

En un depósito de plástico de 1 Lt de cabida (volumen), se obtuvo el agua emitida por los emisores que se seleccionaron como muestra la Imagen antes descrita, el volumen de agua fue medido en una probeta milimetrada lo cual permitió conocer el volumen aforado de una manera más precisa.

Figura 45*Esquema de laterales y gotero Autocompensado**Nota. propia*

Con el volumen obtenido, calculamos el caudal expresándolo en l/h., teniendo los datos aplicamos la fórmula de CU, se detalló por medio de la metodología indicada por (Pizarro.1996), menciona la ecuación más popular para determinar es descrita por Christiansen en 1942. No obstante, para sistemas de riego por goteo se emplean criterios con mayor rigurosidad y define un nuevo criterio de coeficiente de uniformidad CU.

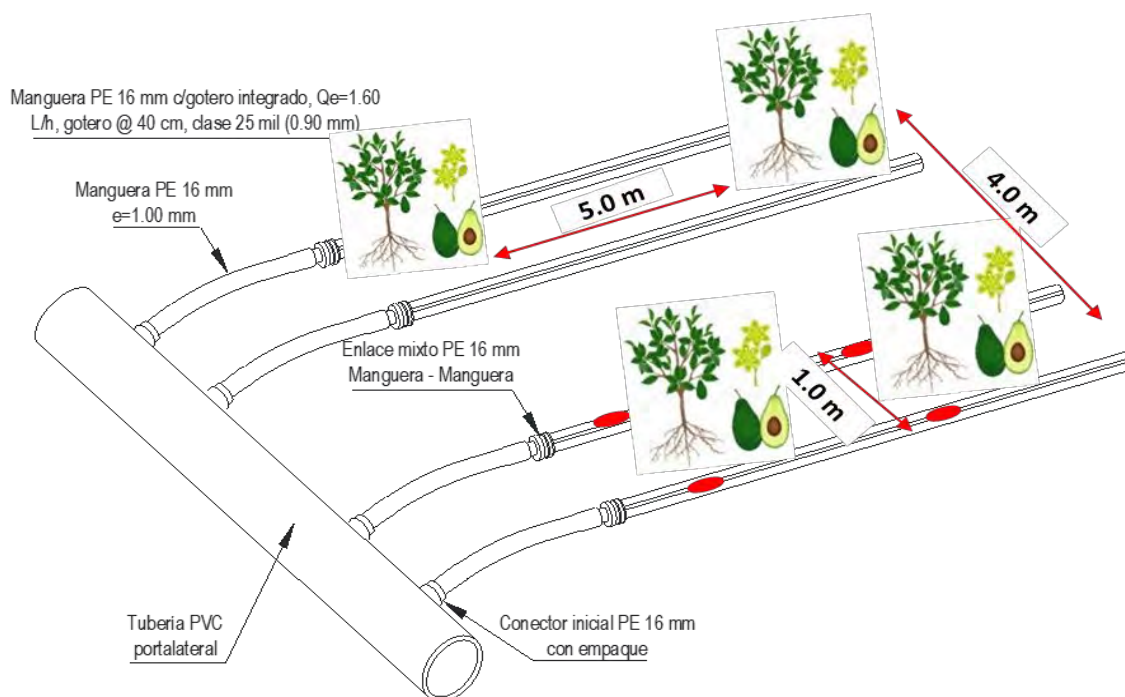
$$CU = \frac{q_{25\%}}{q_a} \quad \text{ec. 3}$$

Donde:

- Caudal medio de totalidad de emisores de instalación
- Caudal medio de emisores que conforman 25% demás bajo caudal

Figura 46

Distribución de góteros en parcela de investigación



Nota. propia

Aplicando la formula y realizando todos los cálculos tenemos lo siguiente:

Tabla 47

Resultados de CUC de la parcela en investigación

CALCULO DE COEFICIENTE DE UNIFORMIDAD DE CAUDALES (CUC)				
	PRIMER EMISOR	EMISOR 1/3	EMISOR 2/3	ULTIMO EMISOR
PRIMER LATERAL	19.7	16	16.3	18
LATERAL 1/3	16.2	18.5	15.9	19.2
LATERAL 2/3	17.4	18.4	17.5	17
ULTIMO LATERAL	16.11	19.5	16.5	17.5
Q 25% CAUDALES MENORES	16.11	16	15.9	17
PROMEDIO 25% MENOR	16.25			
Q 100% DE LOS EMISORES	17.48			
CUC EMISORES (%)	0.93			
CUC EMISORES (%)	92.97			

Nota. propia

Figura 47

Valores de Coeficiente de Uniformidad

Clasificación	Coeficiente de Uniformidad (CU) (%)
Excelente	90-100
Buena	80-90
Aceptable	70-80
Inaceptable	< 70

Nota. Baca (2013).

Conclusión

El resultado obtenido en la parcela de investigación nos permite indicar que se tiene un CUC de 92.97%, lo cual tiene una calificación Excelente.

también permite indicar que el gotero Autocompensado comparado con la ficha técnica del fabricante, se demuestra que existe concordancia en el diseño y las especificaciones técnicas.

CUC = 92.97%, detalla que el sistema de riego está en perfecto funcionamiento, lo cual manifiesta un sistema con un diseño técnico adecuado.

5.1.8.1 Resultados de las características fenotípicas de cultivo de palto

las características fenotípicas de cultivo de palto en etapa de maduración o llenado de fruto en cuanto a:

1.- Tamaño de hoja. - Se realizó la medición de altura llegando a 35cm y ancho de 12 cm.

Figura 48

Tamaño de hoja de palto

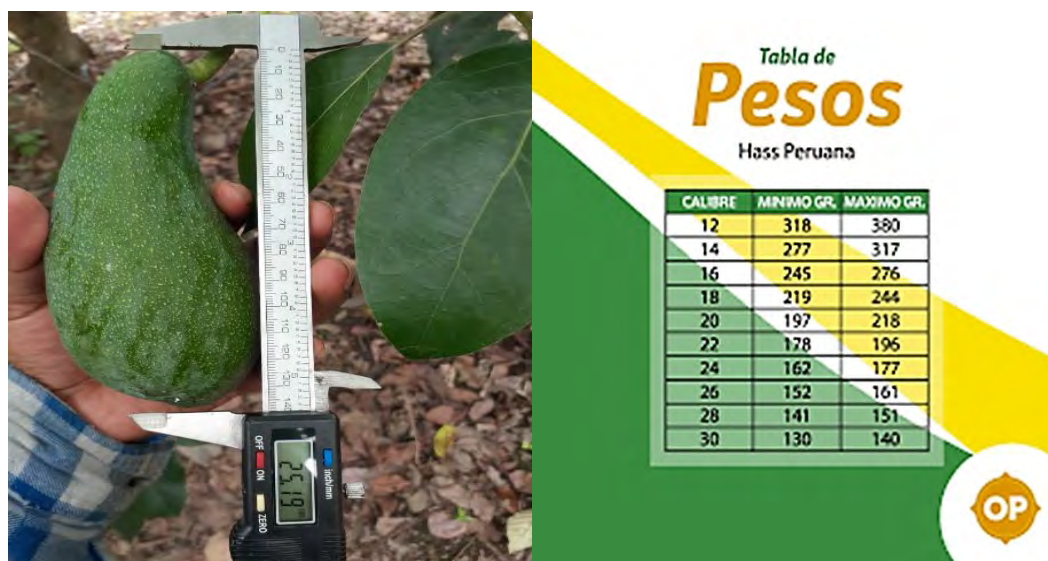


Nota. propia

2.- Tamaño de fruto. – Se realizó la medición de la fruta teniendo buenos estándares de fruta ya que este es muy importante para la exportación con calibres que exige el mercado internacional.

Figura 49

Tamaño de fruto de palto y rangos de calibre de palto



Nota. propia

Figura 50

Calibre de palto para exportación



Nota. propia

3.- Rendimiento. – Se obtuvo de la muestra un árbol representativo teniendo como rendimiento por planta a 80Kg/planta, lo que, traduciendo a la parcela en estudio, lo cual se tiene 100 plantas a un distanciamiento de 5x5m, en ese sentido se obtuvo 8000kg. de fruta para la venta.

Figura 51

Cosecha y selección de fruta



Nota. propia

5.2 Prueba de hipótesis

5.2.1 Análisis inferencial

5.2.1.1 Prueba de Normalidad

Para poder determinar que estadígrafo usar para la contrastación de las hipótesis de investigación, primero se realizó la prueba de normalidad para ver si los datos muestran una distribución normal o normal. Para este análisis de normalidad se realizó mediante la prueba de Kolmogorov-Smirnov, ya que el número de datos es mayor a 50.

Tabla 48***Prueba de Normalidad***

Variables y Dimensiones	Kolmogórov-Smirnov		
	Estadístico	gl	Sig.
Riego por goteo (Agrupada)	,331	79	,000
Demanda Hídrica (Agrupada)	,453	79	,000
Plan de diseño agronómico (Agrupada)	,406	79	,000
CUC de Riego (Agrupada)	,465	79	,000
Balance Hídrico (Agrupada)	,434	79	,000
Infiltración (Agrupada)	,471	79	,000
Producción Agrícola (Agrupada)	,477	79	,000
Rendimiento (Agrupada)	,465	79	,000
Características Fenotípicas del cultivo (Agrupada)	,295	79	,000

Nota. Propia

De acuerdo a los resultados obtenidos, se concluye que los datos son de distribución no normal., esto debido a que el sig. Es menor a 0.05.

5.2.1.2 Hipótesis general

H_i: Existe relación significativa entre el riego por goteo Autocompensado y la producción agrícola del cultivo de palto.

H₀: No existe relación significativa entre el riego por goteo Autocompensado y la producción agrícola del cultivo de palto.

Para poder analizar y contrastar la hipótesis general se aplicó el siguiente modelo estadístico: Prueba de normalidad, correlación de spearman y regresión lineal simple

Tabla 49*Correlaciones de Spearman - Hipótesis general*

			Riego por goteo (Agrupada)	Producción agrícola (Agrupada)
Rho de Spearman	Riego por goteo (Agrupada)	Coeficiente de correlación	1,000	,607**
		Sig. (bilateral)	.	,000
		N	79	79
	Producción agrícola (Agrupada)	Coeficiente de correlación	,607**	1,000
		Sig. (bilateral)	,000	.
		N	79	79

** . La correlación es significativa en el nivel 0,01 (bilateral).

Nota. Elaboración propia

Tabla 50*Regresión lineal - Hipótesis general*

Resumen del modelo				
Modelo	R	R cuadrado	R cuadrado ajustado	Error estándar de la estimación
1	,649 ^a	,421	,413	,458

a. Predictores: (Constante), Riego por goteo (Agrupada)

Nota. Elaboración propia

El riego por goteo y su vinculación con la producción agrícola ha sido objeto de análisis en varios estudios. En esta oportunidad, se analizó la asociación interna entre ambos factores y se encontró una correlación positiva alta del 60.7%.

Además, según los resultados del análisis de regresión lineal simple demuestran que el riego por goteo explica el 42.1% de la variabilidad de la producción

agrícola. De igual manera los resultados obtenidos detallan que la hipótesis de investigación es aceptada, ya que se halló un valor significativo menor a 0.05.

Estos hallazgos son de gran importancia para los agricultores, ya que les permiten determinar de manera más precisa cuánta agua consumirá su cultivo de palto y, por ende, optimizar su producción. Es fundamental seguir investigando en este campo para poder mejorar las técnicas de riego y, en consecuencia, aumentar la productividad agrícola.

- **Hipótesis específica 1**

H_0 : No existe relación significativa entre la demanda hídrica y la producción agrícola del cultivo de palto.

H_1 : Existe relación significativa entre la demanda hídrica y la producción agrícola del cultivo de palto.

En relación a la hipótesis específica 1, se tomará en cuenta el siguiente modelo estadístico: Prueba de normalidad, correlación de spearman y regresión lineal simple.

Tabla 51

Correlación de spearman - Hipótesis 1

			Demanda Hídrica (Agrupada)	Producción agrícola (Agrupada)
Rho de Spearman	Demanda Hídrica (Agrupada)	Coefficiente de correlación	1,000	,806**
		Sig. (bilateral)	.	,000
		N	79	79
	Producción Agrícola (Agrupada)	Coefficiente de correlación	,806**	1,000
		Sig. (bilateral)	,000	.
		N	79	79

** La correlación es significativa en el nivel 0,01 (bilateral).

Nota. Elaboración propia

Tabla 52*Regresión lineal - Hipótesis 1*

Resumen del modelo				
Modelo	R	R cuadrado	R cuadrado ajustado	Error estándar de la estimación
1	,755 ^a	,569	,564	,395
a. Predictores: (Constante), Demanda Hídrica (Agrupada)				

Nota. Elaboración propia

En fundamento a hallazgos de la tabla 51, se puede concluir que la demanda hídrica y la producción agrícola están altamente correlacionadas de manera positiva en un 80.6%. Estos hallazgos son significativos para el sector agrícola, ya que permiten planificar de manera más eficiente el uso de agua en las plantaciones de cultivos como el palto.

Además, los hallazgos en la tabla 52 respecto al análisis de regresión muestra un coeficiente de correlación múltiple de **R = 0,755**, evidenciando una relación positiva y fuerte entre las variables estudiadas. Asimismo, el coeficiente de determinación $R^2 = 0,569$ indica que el 56,9 % de la variación de la variable dependiente es explicada por las variables independientes incluidas en el modelo.

Es importante seguir investigando en esta área para encontrar nuevas soluciones que admitan empleo sostenible de recurso hídrico en la agricultura.

- **Hipótesis específica 2**

H₀: No existe relación entre el plan del diseño agronómico y la producción agrícola del cultivo de palto

H_i: Existe relación entre el plan del diseño agronómico y la producción agrícola del cultivo de palto.

En tanto para poder contrastar la hipótesis específica 2, se realizó el siguiente modelo estadístico: Prueba de normalidad, correlación de spearman y regresión lineal simple.

Tabla 53

Correlación de spearman - Hipótesis específica 2

			Plan de diseño agronómico (Agrupada)	Producción agrícola (Agrupada)
Rho de Spearman	Plan de diseño agronómico (Agrupada)	Coeficiente de correlación	1,000	,352
		Sig. (bilateral)	.	,048
		N	79	79
	Producción agrícola (Agrupada)	Coeficiente de correlación	,352	1,000
		Sig. (bilateral)	,048	.
		N	79	79

Nota. Elaboración propia

Tabla 54

Regresión lineal - Hipótesis 2

Resumen del modelo				
Modelo	R	R cuadrado	R cuadrado ajustado	Error estándar de la estimación
1	,415 ^a	,374	,386	,392

a. Predictores: (Constante), Plan de diseño agronómico (Agrupada)

Nota. Elaboración propia

En fundamento a hallazgos de la tabla 56, se puede concluir que el Plan de Diseño Agronómico tiene una correlación interna positiva baja del 35.2% con la producción agrícola. Además, la tabla 5 muestra valor significativo inferior a 0.05, lo que confirma la hipótesis de estudio de que el plan de diseño agronómico para cultivo de palto permitirá mejorar el riego localizado por goteo Autocompensado.

En relación a los resultados de la tabla 54 el análisis de regresión muestra un coeficiente de correlación múltiple de $R = 0,415$, evidenciando una relación positiva débil entre las variables estudiadas. Asimismo, el coeficiente de determinación $R^2 = 0,374$ indica que el 37,4 % de la variación de la variable dependiente es explicada por las variables independientes incluidas en el modelo.

Es fundamental continuar investigando y desarrollando planes de diseño agronómico efectivos para otros cultivos, con el objetivo de optimizar eficiencia y sostenibilidad del sector agrícola. Los resultados presentados en este estudio son un paso importante en esta dirección y deben ser considerados en futuras investigaciones y prácticas agronómicas.

- **Hipótesis específica 3**

H_0 : No existe relación entre el coeficiente de uniformidad del riego por goteo Autocompensado y la producción agrícola del cultivo de palto.

H_i : No existe relación entre el coeficiente de uniformidad del riego por goteo Autocompensado y la producción agrícola del cultivo de palto.

Mediante el análisis de estadística inferencial a la hipótesis específica 3, el modelo estadístico se realizó de la siguiente manera: Prueba de normalidad, correlación de spearman y regresión lineal simple.

Tabla 55*Correlación de spearman -Hipótesis específico 3*

			CUC de Riego (Agrupada)	Producción agrícola (Agrupada)
Rho de Spearman	CUC de Riego (Agrupada)	Coeficiente de correlación	1,000	,536**
		Sig. (bilateral)	.	,000
		N	79	79
	Producción agrícola (Agrupada)	Coeficiente de correlación	,536**	1,000
		Sig. (bilateral)	,000	.
		N	79	79

** La correlación es significativa en el nivel 0,01 (bilateral).

Nota. Elaboración propia

Tabla 56*Regresión lineal - Hipótesis específica 3*

Resumen del modelo				
Modelo	R	R cuadrado	R cuadrado ajustado	Error estándar de la estimación
1	,413 ^a	,171	,160	,548

a. Predictores: (Constante), CUC de Riego (Agrupada)

Nota. Elaboración propia

En base a la información presentada en tabla 55, se concluye que existe una asociación moderadamente positiva del CUC de Riego con la producción agrícola, llegando a un 53.6%. Por tanto, bajo el resultado del sig que es menor a 0.05 se infiere que la hipótesis de investigación es aceptable, ya que cálculo de coeficiente de uniformidad de distribución de agua en riego por goteo Autocompensado guarda relación con la producción del cultivo de palto.

Estos hallazgos son de gran importancia para los agricultores que utilizan esta técnica de riego, ya que les permite optimizar eficiencia en empleo de agua y optimizar

producción de sus cultivos. Es fundamental destacar que la ejecución de acciones sostenibles en agricultura aporta a preservación del entorno y al desarrollo económico de las comunidades rurales.

En conclusión, los hallazgos en este análisis demuestran la viabilidad del uso de riego por goteo Autocompensado en cultivo de palto, lo que representa una oportunidad para optimizar productividad y rentabilidad de agricultores, al tiempo que se promueve la sustentabilidad en el sector agrícola.

- **Hipótesis específica 4**

H₀: El rendimiento y las características fenotípicas del cultivo de palto influyen significativamente en la producción agrícola. del cultivo de palto.

H_i: El rendimiento y las características fenotípicas del cultivo de palto no influyen significativamente en la producción agrícola. del cultivo de palto.

Para el análisis de la hipótesis específica 4, se siguió un modelo estadístico el cual se presenta a continuación: Prueba de Normalidad, Regresión lineal Múltiple

Tabla 57

Regresión Lineal Múltiple

Resumen del modelo				
Modelo	R	R cuadrado	R cuadrado ajustado	Error estándar de la estimación
1	,888 ^a	,789	,784	,278
a. Predictores: (Constante), Características Fenotípicas del cultivo (Agrupada), Rendimiento (Agrupada)				

Nota. Elaboración propia

Tabla 58*Anova - Hipótesis específico 4*

Resumen del modelo				
Modelo	R	R cuadrado	R cuadrado ajustado	Error estándar de la estimación
1	,888 ^a	,789	,784	,278
a. Predictores: (Constante), Características Fenotípicas del cultivo (Agrupada), Rendimiento (Agrupada)				

Nota. Elaboración propia**Tabla 59***Coeficientes - Hipótesis específico 4*

Modelo		Coeficientes no estandarizados		Coeficientes estandarizados	t	Sig.
		B	Desv. Error	Beta		
1	(Constante)	,717	,130		5,516	,000
	Rendimiento (Agrupada)	,421	,040	,617	10,469	,000
	Características Fenotípicas del cultivo (Agrupada)	,401	,056	,420	7,132	,000

a. Variable dependiente: Producción Agrícola (Agrupada)

Nota. Elaboración propia

La Tabla 58 presenta el resumen del modelo de regresión lineal múltiple, donde se observa un coeficiente de correlación múltiple de $R = 0.888$, indicando una relación positiva muy fuerte entre las variables independientes rendimiento y características fenotípicas del cultivo con la variable dependiente producción agrícola.

Asimismo, el coeficiente de determinación $R^2 = 0.789$ indica que el 78.9% de la variabilidad de la producción agrícola es explicada conjuntamente por el rendimiento y las características fenotípicas del cultivo de palto. El 21.1% restante se atribuye a otros factores no considerados en el modelo.

Por otro lado, el R^2 ajustado = 0.784 muestra que el modelo mantiene una elevada capacidad explicativa aun considerando el número de variables independientes incorporadas, evidenciando un adecuado ajuste de los datos observados al modelo estadístico.

Respecto a los coeficientes de regresión mostrados en la Tabla 59, se observa que el rendimiento presenta un coeficiente estandarizado Beta = 0.617 y un valor de significancia de $p = 0.000$, siendo estadísticamente significativo al nivel de 5%. Esto indica que el rendimiento ejerce una influencia positiva y significativa sobre la producción agrícola.

De igual forma, las características fenotípicas presentan un coeficiente estandarizado Beta = 0.420 y una significancia de $p = 0.000$, demostrando también una influencia positiva y significativa sobre la producción agrícola.

La ecuación de regresión obtenida es:

Producción Agrícola = $0.717 + 0.421(\text{Rendimiento}) + 0.401(\text{Características Fenotípicas})$

De acuerdo con los resultados obtenidos, se rechaza la hipótesis nula (H_0) y se acepta la hipótesis alternativa (H_1), concluyendo que el rendimiento y las características fenotípicas influyen significativamente en la producción agrícola del cultivo de palto bajo riego por goteo autocompensado en el Fundo Verde, distrito de Maranura, provincia de La Convención.

5.3 Presentación de resultados

5.3.1 Análisis descriptivo

5.3.1.1 Variable Riego por goteo

Tabla 60

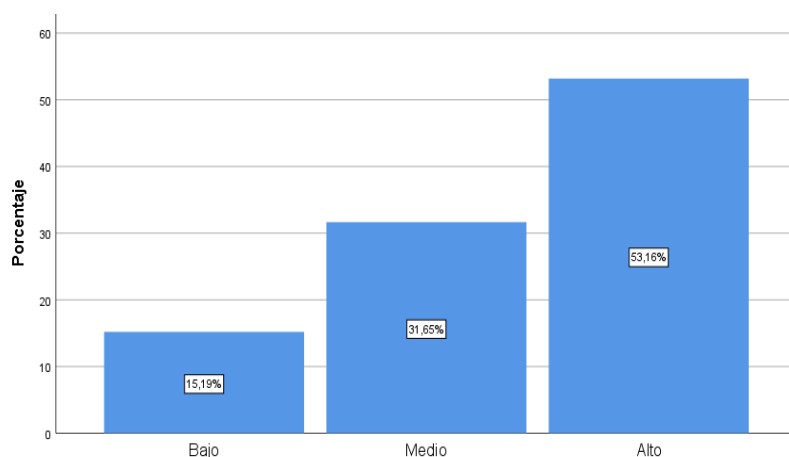
Riego por goteo (Agrupada)

		Frecuencia	%
Válido	Bajo	12	15,2
	Medio	25	31,6
	Alto	42	53,2
	Total	79	100,0

Nota. Elaboración propia

Figura 52

Riego por goteo (Agrupada)



Nota. Elaboración propia

Conforme con los hallazgos tras el análisis de datos, se ha determinado que en un 53% de las plantas evaluadas se presenta un alto nivel de riego por goteo. Por otro lado, se ha encontrado que en un 32% de plantas el nivel de riego por goteo es considerado medio, mientras que en un 15% se ha identificado un bajo nivel de riego

por goteo. Estos hallazgos son de gran relevancia para gestión adecuada del riego en la agricultura. Es necesario tomar en cuenta que un nivel de riego inadecuado puede afectar negativamente crecimiento de plantas, así como su producción.

Por lo tanto, se brinda como recomendación efectuar un monitoreo constante del nivel de riego por goteo en plantas para certificar que se encuentren en circunstancias óptimas para su crecimiento y producción. Además, es fundamental contar con sistemas de riego eficientes que permitan una distribución uniforme del agua en las plantas y eviten desperdicios innecesarios.

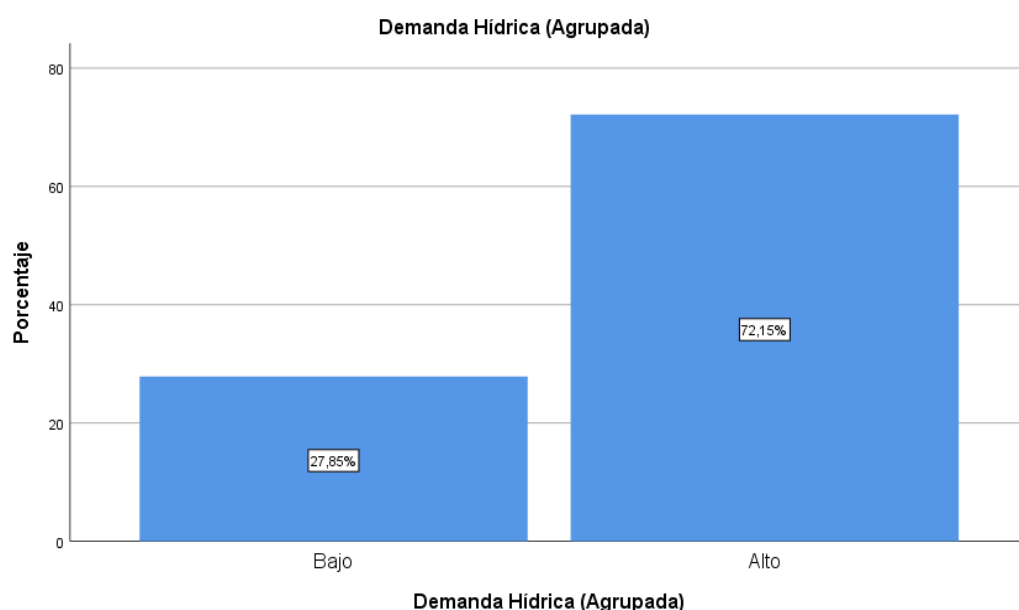
5.3.1.2 Dimensión Demanda Hídrica

Tabla 61

Demanda Hídrica (Agrupada)

		Frecuencia	%
Válido	Bajo	22	27,8
	Alto	57	72,2
	Total	79	100,0

Nota. Elaboración propia

Figura 53*Demanda Hídrica*

Nota. Elaboración propia

Según los hallazgos tras el procesamiento de información recogida, se ha determinado que un 72% de las plantas analizadas presentan una alta demanda hídrica, mientras que en un 28% se ha detectado una baja demanda. Estos datos son de gran relevancia para comprender la situación actual de plantas y su relación con el agua disponible en el entorno. Es importante destacar que la demanda hídrica es un factor crítico en crecimiento y desarrollo de plantas, y que su adecuada gestión es fundamental para garantizar su supervivencia y productividad. Por tanto, estos resultados deben ser considerados por los responsables de gestión del agua y de agricultura, con el fin de tomar medidas que optimicen empleo de este elemento vital y asegurar sostenibilidad del sector agrícola.

5.3.1.4 Dimensión Plan de diseño agronómico

Tabla 62

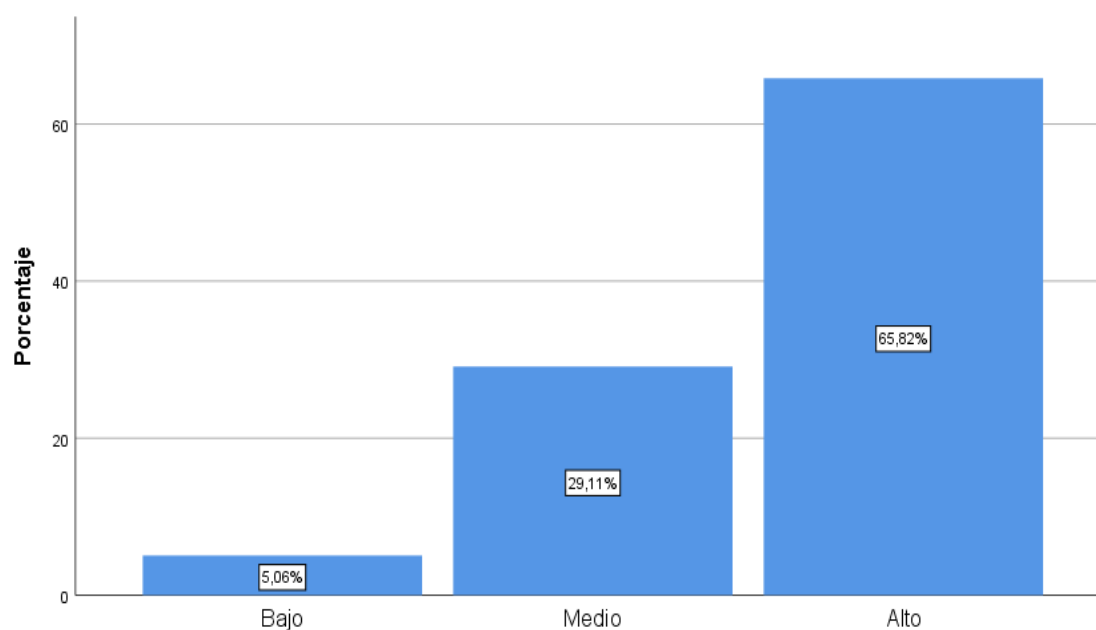
Plan de diseño agronómico (Agrupada)

		Frecuencia	%
Válido	Bajo	4	5,1
	Medio	23	29,1
	Alto	52	65,8
	Total	79	100,0

Nota. Elaboración propia

Figura 54

Plan de diseño agronómico



Nota. Elaboración propia

En ese sentido, se realizó un estudio que permitió conocer el nivel de Plan de diseño agronómico en diversas plantas. Los hallazgos indican que 66% de plantas responden bien con un buen Plan de diseño agronómico, lo que sugiere una

adecuada planificación y ejecución de las actividades agrícolas. Por otro lado, se encontró que el nivel medio representa el 29% de las plantas, lo que podría indicar la necesidad de mejorar algunos aspectos en la planificación. Finalmente, se observó que en un 5% de las plantas analizadas el nivel de Plan de diseño agronómico es bajo, lo que podría estar relacionado con problemas en la gestión agrícola. Con estos resultados, se pueden tomar medidas para optimizar eficiencia y rentabilidad en producción agrícola.

5.3.1.5 Dimensión CUC de riego

Tabla 63

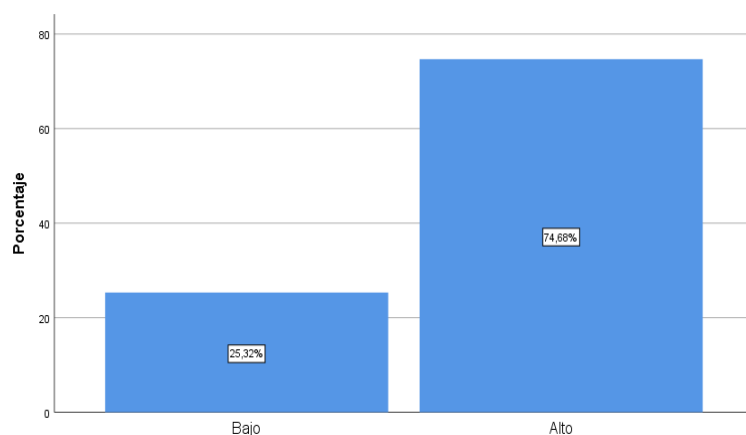
CUC de Riego (Agrupada)

		Frecuencia	%
Válido	Bajo	20	25,3
	Alto	59	74,7
	Total	79	100,0

Nota. Elaboración propia

Figura 55

CUC de Riego



Nota. Elaboración propia

Según los datos recopilados y posteriormente procesados, se pudo determinar que en el 75% de las plantas analizadas se detalla un alto nivel de CUC de riego, mientras que en el 25% restante se registra un nivel bajo. Estos resultados son de gran importancia para comprender el estado de las plantas y su necesidad de agua. El CUC, o Coeficiente de Uso del Agua, es una medida que llega a indicar eficiencia con la que las plantas utilizan el agua disponible. Un nivel alto de CUC de riego puede indicar que las plantas están utilizando el agua de manera eficiente y que no requieren un riego excesivo. Por otro lado, un nivel bajo de CUC de riego sugiere que las plantas pueden estar utilizando el agua de manera ineficiente y que podrían requerir un mayor suministro de agua. Estos hallazgos proporcionan información valiosa para la gestión y optimización del riego en las plantas analizadas.

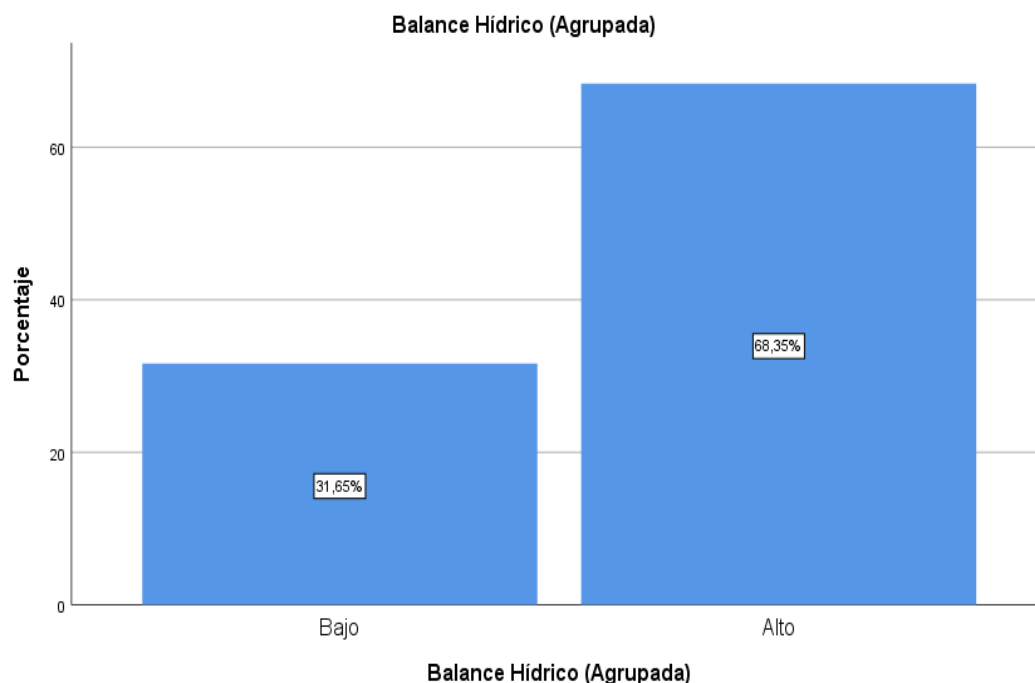
5.3.1.6 Dimensión Balance hídrico

Tabla 64

Balance Hídrico (Agrupada)

		Frecuencia	%
Válido	Bajo	25	31,6
	Alto	54	68,4
	Total	79	100,0

Nota. Elaboración propia

Figura 56*Balance Hídrico*

Nota. Elaboración propia

Tras el procesamiento de los datos recolectados, se pudo determinar que el 68% de las plantas analizadas presentan un alto nivel de balance hídrico, mientras que el 15% de ellas presentan un bajo nivel en este aspecto. Estos resultados son de gran relevancia para comprender el estado de salud de las plantas y su capacidad para sobrevivir en diferentes circunstancias ambientales.

El balance hídrico es un elemento primordial en la existencia de las plantas, ya que influye directamente en su desarrollo. Un alto nivel de balance hídrico indica que la planta está recibiendo una cantidad apropiada de agua, lo que favorece su crecimiento y desarrollo. Por otro lado, un bajo nivel de balance hídrico indica que la planta está sufriendo por falta de agua, lo que puede afectar su salud y supervivencia.

Estos resultados son importantes para los agricultores y productores de plantas, ya que les permite tomar decisiones informadas sobre el riego y cuidado de

las plantas. Además, estos datos pueden ser utilizados para mejorar las prácticas agrícolas y garantizar una producción más eficiente y sostenible. En conclusión, el análisis del balance hídrico en las plantas es una herramienta valiosa para entender su estado de salud y tomar medidas para garantizar su supervivencia y crecimiento adecuado.

5.3.1.7 Dimensión Infiltración

Tabla 65

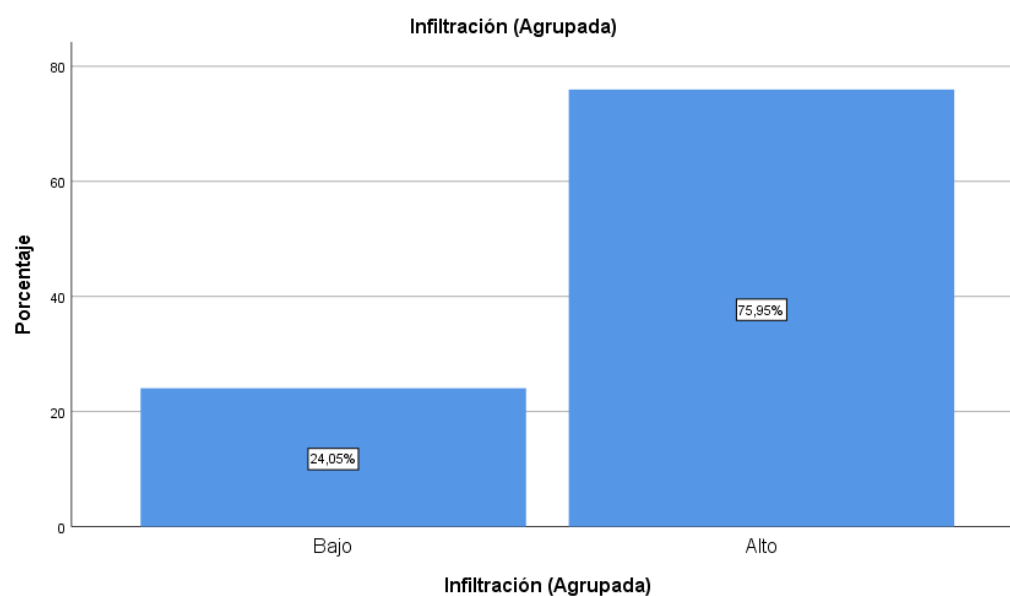
Infiltración (Agrupada)

		Frecuencia	%
Válido	Bajo	19	24,1
	Alto	60	75,9
	Total	79	100,0

Nota. Elaboración propia

Figura 57

Infiltración



Nota. Elaboración propia

De acuerdo con los datos obtenidos y procesados, se ha determinado que el nivel de infiltración en un 76% de las plantas analizadas es considerado alto, mientras que en un 24% se ha identificado un nivel de infiltración bajo. Estos resultados son de gran relevancia, ya que la infiltración del agua en el suelo es un indicador clave para evaluar la capacidad de retención y recarga de los acuíferos. Un alto nivel de infiltración implica que el suelo tiene una buena capacidad para absorber y retener el agua, lo cual es beneficioso para la recarga de acuíferos y disponibilidad de agua en el ecosistema.

Por otro lado, un bajo nivel de infiltración indica que el suelo tiene menor capacidad para retención del agua, lo cual puede poseer efectos negativos en términos de disponibilidad de agua y calidad del suelo. Estos hallazgos nos permiten tener mejor comprensión de la circunstancia actual de las plantas analizadas en relación con su nivel de infiltración. Además, nos brindan información valiosa para la implementación de estrategias y medidas que promuevan mejor gestión del agua y suelo, con el objetivo de optimizar la infiltración y garantizar un uso sostenible de los recursos hídricos.

5.3.1.8 Variable Producción agrícola

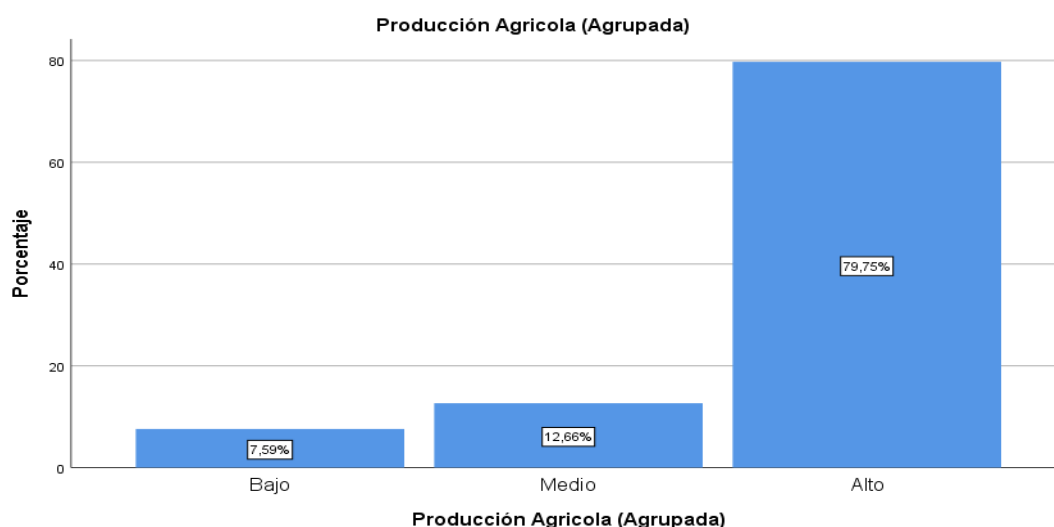
Tabla 66

Producción Agrícola (Agrupada)

		Frecuencia	%
Válido	Bajo	6	7,6
	Medio	10	12,7
	Alto	63	79,7
	Total	79	100,0

Nota. Elaboración propia

Figura 58
Producción Agrícola



Nota. Elaboración propia

De acuerdo con los datos recolectados y posteriormente procesados, se ha determinado que en un 78% de las plantas analizadas, se registra un alto nivel de producción agrícola. Por otro lado, un 13% de las plantas presenta un nivel medio de producción, mientras que en un 8% se observa un bajo rendimiento agrícola.

Estos hallazgos son de relevancia para comprender la situación actual de la producción agrícola en las plantas estudiadas. El alto porcentaje de plantas con un nivel de producción agrícola alto indica que existe un buen desempeño y una eficiente utilización de los recursos en estas instalaciones. Esto puede atribuirse a diversos factores, como una adecuada gestión de los cultivos, el uso eficiente de fertilizantes y pesticidas, así como condiciones climáticas favorables.

Por otro lado, el porcentaje de plantas con un nivel medio de producción agrícola sugiere que existe margen para mejorar y optimizar los procesos agrícolas en estas instalaciones. Es posible que se requiera una mayor inversión en tecnología

agrícola, capacitación del personal y mejoras en la infraestructura para aumentar la productividad.

Finalmente, el bajo porcentaje de plantas con un nivel de producción agrícola bajo indica que existe una problemática en estas instalaciones que debe ser abordada. Es necesario detallar causas de este bajo rendimiento y elegir acciones de corrección para mejorar la productividad agrícola en estas plantas.

5.3.1.9 Dimensión Rendimiento

Tabla 67

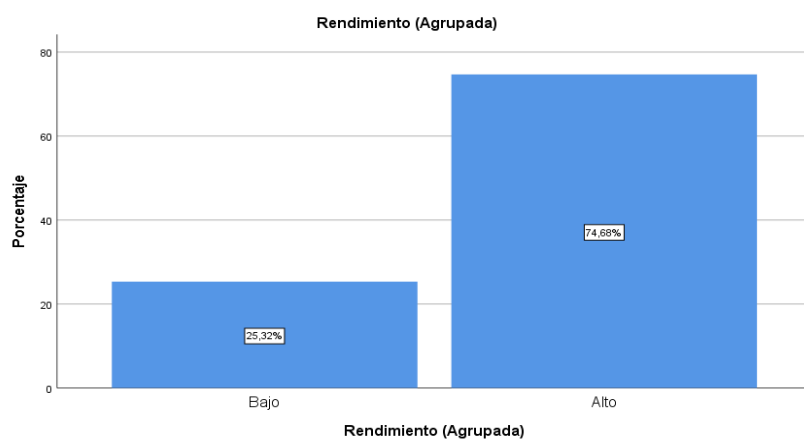
Rendimiento (Agrupada)

		Frecuencia	%
Válido	Bajo	20	25,3
	Alto	59	74,7
	Total	79	100,0

Nota. Elaboración propia

Figura 59

Rendimiento



Nota. Elaboración propia

Conforme con los hallazgos tras el procesamiento de información recabada, se ha constatado que el 75% de las plantas analizadas presentan un rendimiento alto, mientras que el 25% restante presenta un rendimiento bajo.

El análisis se efectuó con el propósito de indicar el nivel de productividad de las plantas analizadas y poder establecer medidas que permitan mejorar la eficiencia de estas.

Es importante destacar que estos resultados son muestra del universo de plantas analizadas y que podrían variar en función de otros factores que no han sido considerados en este estudio.

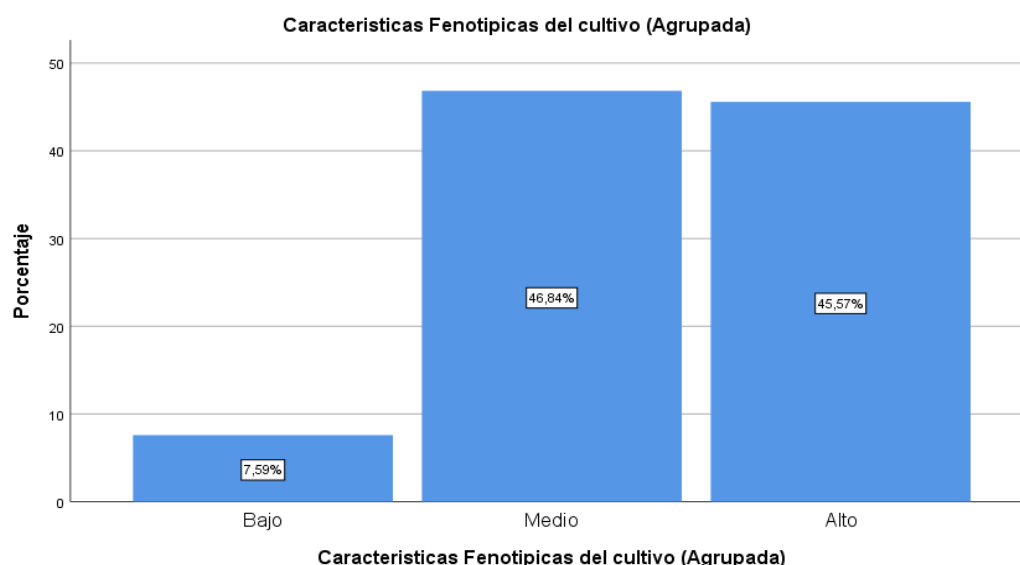
5.3.1.20 Dimensión Características Fenotípicas del cultivo

Tabla 68

Características Fenotípicas del cultivo (Agrupada)

		Frecuencia	Porcentaje
Válido	Bajo	6	7,6
	Medio	37	46,8
	Alto	36	45,6
	Total	79	100,0

Nota. Elaboración propia

Figura 60*Características Fenotípicas de cultivo*

Nota. Elaboración propia

Luego de efectuar riguroso análisis de información, se ha obtenido información relevante acerca de las características fenotípicas del cultivo en una determinada localidad. Conforme con los hallazgos, se determinó que en un 47% de las plantas analizadas se presentan características fenotípicas altas, mientras que en un 46% se observó un nivel alto en este aspecto. Por otro lado, en un 8% de las plantas se encontraron características fenotípicas bajas. Estos resultados son de suma relevancia para la industria agrícola, ya que permiten una mejor comprensión de las condiciones del cultivo en la zona y, por ende, mayor eficiencia en toma de decisiones correspondiente a la producción y manejo de este. Es requerido continuar con el análisis en esta área para conseguir información más precisa y detallada acerca de las características fenotípicas del cultivo en la localidad.

5.4 Discusión de resultados.

5.4.1 Descripción de hallazgos más significativos y relevantes.

- **Hallazgos según el objetivo específico 1)**

Calcular la demanda hídrica para el cultivo de palto con el uso del tanque evaporímetro clase A y la ecuación de Penman monteith, bajo riego localizado por goteo autocompensado en el fundo verde, distrito de Maranura, La Convención en el 2021.

Los hallazgos de la tabla 61 indican que el uso de un tanque evaporímetro de clase A y la ecuación de Penman monteith son un instrumento confiable para calcular la demanda de agua en cultivos de palta. La hipótesis del estudio ha sido validada con nivel de significancia inferior a 0.05, lo que señala que este procedimiento facilita la determinación con precisión el volumen de agua necesario para un crecimiento óptimo de los árboles de palto. Frente a ello, los hallazgos, después de procesar la información obtenida indican que un 72% de las plantas estudiadas tienen una demanda elevada de agua, mientras que en un 28% se ha identificado una demanda reducida. Estos datos son de gran relevancia para entender el estado actual de las plantas y su vínculo con el agua existente en su ambiente.

Estos resultados son corroborados por (Gavilán & Farias, 2018), quienes en su investigación llegan a concluir que; Los resultados, estudiados con la prueba t de Student, confirmaron la eficacia del Cenirrómetro (tanque evaporímetro), como una opción viable para la programación del riego en cacao. En tal sentido, bajo lo referido anteriormente y al analizar estos resultados, confirmamos que; el tanque evaporímetro clase A, es eficiente en el desempeño de cálculo de evapotranspiración.

Según Fuerte-Velázquez y Gómez-Tagle (2023), las plantaciones evaluadas en Michoacán bajo condiciones de temporal presentaron una huella hídrica mínima de 417.1 L/kg, sin uso de riego tecnificado.

Dado que Fuerte-Velázquez y Gómez-Tagle (2023) no documentan explícitamente el uso de riego tecnificado (como goteo Autocompensado), su estimación mínima de 417.1 L/kg corresponde a plantaciones bajo condiciones de temporal o manejo tradicional, sin ningún sistema de alta eficiencia hídrica. En consecuencia, dicha huella hídrica —aunque baja dentro del contexto de cultivos no irrigados— no es directamente comparable con un escenario tecnificado. Por tanto, la huella hídrica obtenida en el presente estudio (169 L/kg) resulta técnicamente plausible debido al uso de riego por goteo Autocompensado, que incrementa la uniformidad de aplicación, minimiza pérdidas por evaporación y percolación profunda, y optimiza la lámina aplicada por unidad de rendimiento.

Según Hoekstra et al. (2011), el estándar global de la *Water Footprint Network* establece que la evaluación de la huella hídrica no debe limitarse únicamente a la cuantificación del consumo, sino que es obligatorio contrastar esta demanda con la oferta real de la cuenca para determinar la sostenibilidad ambiental del sistema.

Dado que la metodología exige esta validación frente a la disponibilidad de la fuente, el escenario convencional (con una baja eficiencia de aplicación en gravedad, $E_r = 0.25$) genera una Huella Hídrica Operativa insostenible de **345.77 L/kg**. Considerando un rendimiento de 13,000 kg/ha, esta ineficiencia induce un déficit crítico en la cuenca durante los meses de estiaje (agosto y septiembre), obligando a una sobreexplotación del recurso que no cumple con los estándares de sostenibilidad.

Por tanto, la Huella Hídrica Azul obtenida y validada en el presente estudio resulta técnicamente sostenible gracias a la implementación del riego por goteo Autocompensado ($E_r = 0.90$). Este diseño optimiza el indicador a **96.05 L/kg**, logrando una reducción de la huella hídrica del **72.2%**. Esta mejora técnica erradica

los déficits hídricos, garantiza un balance positivo y genera un superávit constante durante los 12 meses del año para el ecosistema del sector Mandor, alineándose plenamente con los criterios de sostenibilidad de Hoekstra et al. (2011).

- **Hallazgos según el objetivo específico 2)**

Plantear el diseño agronómico para la producción de cultivo de palto, bajo riego localizado por goteo autocompensado en el fundo verde, distrito de Maranura, La Convención en el 2021.

Con base en hallazgos de la tabla 53, se puede deducir que el Plan de Diseño Agronómico posee una correlación interna positiva reducida al 35.2% con la producción de la agricultura. Además, la tabla 56 presenta un valor relevante inferior a 0.05, corroborando la hipótesis de investigación de que el plan de diseño agronómico para el cultivo de palto facilitará la mejora del riego localizado por goteo Autocompensado. En respuesta a estos descubrimientos, se llevó a cabo una investigación que facilitó el conocimiento del nivel del Plan de diseño agronómico en diferentes plantas. Frente a ello los hallazgos indican que 66% de plantas responden bien con un buen Plan de diseño agronómico, lo que sugiere una adecuada planificación y ejecución de las actividades agrícolas. Por otro lado, se encontró que el nivel medio representa el 29% de las plantas, lo que podría indicar la necesidad de mejorar algunos aspectos en la planificación. Finalmente, se observó que en un 5% de las plantas analizadas el nivel de Plan de diseño agronómico es bajo, lo que podría estar relacionado con problemas en la gestión agrícola. Con estos resultados, se pueden tomar medidas para optimizar eficiencia y rentabilidad en producción agrícola.

Estos resultados son corroborados por; Junta de Andalucía (2021) quienes en su investigación concluyen que; un correcto diseño agronómico posibilita establecer

el volumen de agua que la instalación necesita aguantar en los periodos de mayor demanda y los parámetros de riego, lo que favorece la eficacia en utilización del agua y energía. Al analizar estos resultados, confirmamos que; un buen diseño agronómico para los cultivos eleva la producción y productividad.

- **Hallazgos según el objetivo específico 3)**

Calcular el coeficiente de uniformidad de la distribución del agua con riego localizado por goteo, en el fundo verde, distrito de Maranura, La Convención en el 2021.

Los hallazgos en la tabla 55, se puede concluir que existe una asociación moderadamente positiva del CUC de Riego con la producción agrícola, llegando a un 53.6%. Además, los hallazgos en la tabla 56, indican que la hipótesis de investigación es aceptable, ya que cálculo de coeficiente de uniformidad de distribución de agua en riego por goteo Autocompensado es adecuado para el cultivo de palto. Según los datos recopilados y posteriormente procesados, se pudo determinar que en el 75% de las plantas analizadas se detallan un acrecentado nivel de CUC de riego, mientras que en 25% restante se registra un nivel bajo. Frente a ello, estos resultados son de gran importancia para comprender el estado de las plantas y su necesidad de agua. El CUC, o Coeficiente de Uso del Agua, es una medida que detalla la eficiencia con la que las plantas utilizan el agua disponible. Un nivel alto de CUC de riego puede indicar que las plantas están utilizando el agua de manera eficiente y que no requieren un riego excesivo. Por otro lado, un nivel bajo de CUC de riego sugiere que las plantas pueden estar utilizando el agua de manera ineficiente y que podrían requerir un mayor suministro de agua. Estos hallazgos proporcionan información valiosa para la gestión y optimización del riego en las plantas analizadas.

Estos resultados son corroborados por; Merriam, & Keller (1978). Establecieron que una uniformidad de aplicación del agua del 90% es primordial para funcionamiento eficiente de sistemas de riego. Al analizar estos resultados, confirmamos que; el CUC, en un sistema de riego es esencial para dotación de caudales iguales, lo cual determino una distribución uniforme en los goteros.

- **Hallazgos según el objetivo específico 4).**

Evaluar el rendimiento y las características fenotípicas de cultivo de palto bajo riego localizado por goteo autocompensado en el fundo verde, distrito de Maranura, La Convención en el 2021.

Los hallazgos en la tabla 57,58,59 se concluye que el rendimiento de producción del cultivo y que las características fenotípicas del cultivo influyen significativamente en la producción. Frente a ello se menciona; luego de efectuar riguroso análisis de información, se ha obtenido información relevante acerca de las características fenotípicas del cultivo en una determinada localidad. Conforme con hallazgos, se indicó que en un 47% de las plantas analizadas se presentan características fenotípicas altas, mientras que en un 46% se observó un nivel alto en este aspecto. Por otro lado, en un 8% de las plantas se encontraron características fenotípicas bajas. Estos resultados son de gran relevancia para la industria agrícola, ya que permiten una mejor comprensión de las condiciones del cultivo en la zona y, por ende, mayor eficiencia en toma de decisiones en cuanto a producción y manejo de este. Es requerido continuar con el análisis en esa área para conseguir información más precisa y minuciosa correspondiente a las características fenotípicas del cultivo en la localidad.

Estos resultados son corroborados por Lavalle (2020). En su análisis "Evaluación del sistema de riego presurizado en cultivo de palto, aplicando software SIGOPRAM, Centro Experimental Tumpis, Tumbes–2020", la autora analiza cómo la ejecución de un sistema de riego por goteo adecuado puede optimizar eficiencia hídrica y, consecuentemente, las características fenotípicas del palto, lo que se llega a traducir en una producción y calidad mayor de los frutos. Al analizar estos resultados, confirmamos que; el riego por goteo, microaspersión es determinante para el desarrollo de raíces, frutos, y hojas.

- **Hallazgos según Objetivo General**

El riego localizado por goteo Autocompensado tiene relación con en el rendimiento y comportamiento agronómico del cultivo de palto (*Persea americana*) de las variedades Hass y Fuerte en el Fundo Verde, distrito de Maranura, provincia de La Convención – 2021.

El riego por goteo y su vinculación con la producción agrícola ha sido objeto de análisis en varios estudios. En esta oportunidad, se analizó la asociación interna entre ambos factores y se encontró una correlación positiva alta del 60.7%.

Además, se llevó a cabo una investigación sobre demanda hídrica óptima para cultivo de palto bajo riego localizado por goteo Autocompensado en el fundo verde, distrito de Maranura, La Convención 2021. Los resultados obtenidos detallan que la hipótesis de investigación es aceptada, ya que se halló un valor significativo menor a 0.05.

Estos hallazgos son de gran importancia para los agricultores, ya que les permiten determinar de manera más precisa cuánta agua consumirá su cultivo de palto y, por ende, optimizar su producción. Es fundamental seguir investigando en este campo

para poder mejorar las técnicas de riego y, en consecuencia, aumentar la productividad agrícola.

Estos resultados son corroborados por; Lavallo (2020). La autora analiza cómo la correspondiente ejecución del sistema de riego por goteo adecuado, basado en la correcta estimación de demanda hídrica, puede optimizar eficiencia del riego y, consecuentemente, las características fenotípicas del palto, lo que se traduce en producción y calidad mayor de los frutos. Al analizar estos resultados, confirmamos que; una evaluación de la demanda hídrica bajo los criterios de cálculo de evapotranspiración, balance hídrico, coeficiente de uniformidad y el cálculo del diseño agronómico garantizan el éxito de las producciones de productos de exportación y demás.

VI. CONCLUSIONES

1.- Demanda o huella hídrica, se concluye con el siguiente análisis:

Se concluye que la demanda hídrica máxima (ET_c) para el cultivo de palto en el Fundo Verde se determinó en 4.44 mm/día, valor derivado de una evapotranspiración potencial (ET_o) anual promedio de 3.95 mm/día. Este resultado se obtuvo mediante la integración y validación cruzada de los registros del Tanque Evaporímetro Clase A y la aplicación de la ecuación de Penman-Monteith, lo que permitió establecer una línea base climática de alta precisión.

La determinación exacta de esta demanda, integrada con el balance hídrico tecnificado, permitió optimizar la productividad del recurso hídrico, reduciendo la huella hídrica operativa de 345.77 L/kg (en sistemas convencionales) a 96.05 L/kg bajo el sistema de riego por goteo Autocompensado. Estos resultados no solo validan el cumplimiento del requerimiento hídrico para un rendimiento proyectado de 13,000 kg/ha, sino que demuestran un superávit hídrico constante que garantiza la sostenibilidad del sistema y la posibilidad técnica de expansión de la frontera agrícola en la zona de Maranura.

2.- El plan diseño agronómico se concluye lo siguiente:

Se logró la elaboración del Plan de Diseño Agronómico para el cultivo de palto en el Fundo Verde (Maranura), mediante una integración sistémica de las variables hidro-climatológicas y edáficas. Al respecto, se concluye lo siguiente:

Determinación de la Demanda Hídrica: El diseño agronómico establece una Necesidad Bruta de Riego (Nb) de 1.06 mm/ha/día, valor ajustado para una eficiencia del 90%, garantizando la reposición hídrica ante una Evapotranspiración Real Máxima

(ETc máx) de 3.36 mm/día y una Precipitación Efectiva por Cropwat de 2.40 mm/día. Esta demanda se asistirá bajo una frecuencia de riego diaria (1.00 día).

Configuración Operativa del Sistema: La aplicación se sustenta en emisores Autocompensado regulables con un caudal nominal de 29.50 L/h operando a 1.00 bar. Esta configuración genera una precipitación horaria de 2.95 mm/h, tasa que al ser menor a la Infiltración Básica del suelo (22.21 mm/h) anula el riesgo de escorrentía superficial.

Gestión de Tiempos y Turnos: Se determinó un tiempo de riego requerido por día (T_r) de 0.72 horas (43 minutos), fraccionado en un esquema de 2.00 turnos de operación por día con una duración de 0.36 horas (22 minutos) por turno. Este dimensionamiento garantiza que el Caudal Mínimo de diseño (1.09 L/s) sea cubierto por la capacidad máxima del sistema por turno (2.05 L/s), permitiendo irrigar la superficie total del proyecto (0.25 ha) de manera uniforme en la zona de Maranura.

3.- El resultado obtenido en la parcela de investigación nos permite indicar que se tiene un CUC de 92.97%, lo cual tiene una calificación Excelente, como también permite indicar que el gotero autocompensado comparado con la ficha técnica del fabricante demuestra que existe concordancia en el diseño y las especificaciones técnicas del emisor, así mismo detalla que el sistema de riego está en perfecto funcionamiento, lo cual manifiesta un sistema con un diseño técnico adecuado.

4.- Las características fenotípicas del cultivo de palto en fase de maduración o llenado de fruto en cuanto a:

Se determinó que el manejo hídrico tecnificado influye positivamente en el desarrollo fenotípico y la capacidad productiva del palto en fase de maduración. Los resultados obtenidos son:

Desarrollo Fenotípico: El análisis foliar registró dimensiones promedio de 10 cm de ancho y 16 cm de largo, evidenciando un área foliar óptima para la actividad fotosintética. En cuanto a la morfometría del fruto, se alcanzó una altura de 14 cm, cumpliendo con los estándares de calibre y calidad exigidos por los protocolos de exportación y el mercado internacional.

Rendimiento y Productividad: La evaluación de campo en árboles representativos permitió validar el potencial productivo del sistema. Considerando el marco de plantación y el área experimental de 0.50 ha, se obtuvo una producción total de 8,000 kg de fruta comercializable, cifra que respalda con seguridad el cumplimiento del rendimiento proyectado de 13,000 kg/ha establecido en el diseño original.

Eficiencia Productiva: Estos indicadores confirman que el sistema de riego por goteo Autocompensado asegura la satisfacción del requerimiento hídrico para alcanzar los objetivos comerciales previstos, validando la alta eficiencia en la conversión de agua en biomasa frutal bajo las condiciones edafoclimáticas de Maranura.

VII. RECOMENDACIONES

1. Implementar un Protocolo de Gestión Hídrica de Precisión basado en el modelo de eficiencia obtenido (96.05 L/kg), escalando el uso de emisores Autocompensado y el monitoreo mediante la ecuación de Penman-Monteith en el Fundo Verde. Asimismo, se recomienda a las instituciones agrarias de Maranura utilizar estos hallazgos como línea base para la reconversión tecnológica de cultivos de exportación (café y cacao), orientando la inversión hacia sistemas que repliquen la reducción de la huella hídrica operativa aquí demostrada.
2. Establecer el Plan de Diseño Agronómico como protocolo de preventa e instalación en proyectos de riego localizado en la zona de Maranura, tomando como parámetros críticos la relación entre la precipitación horaria del sistema (2.95 mm/hr) y la infiltración básica local (22.21 mm/h). Para la parcela experimental de 0.25 ha , bajo los requerimientos hídricos validados mediante Cropwat (Precipitación Efectiva de 2.40 mm/día), se recomienda técnicamente programar los tiempos de riego en intervalos fraccionados de 2 turnos diarios con una duración de 22 minutos por turno (completando un tiempo total de operación de $0.68 \text{ horas por día}$). Esta estrategia de fraccionamiento reduce el caudal instantáneo en campo a 2.05 L/s por turno, controlando el frente de humedecimiento para evitar la saturación superficial en el suelo franco y garantizando que la presión operativa se mantenga constante en 1.00 bar , resguardando así el coeficiente de uniformidad de los emisores regulables de 29.50 L/h .
3. Institucionalizar auditorías técnicas de desempeño hidráulico mediante la evaluación semestral del Coeficiente de Uniformidad de Christiansen (CUC),

tomando el valor de 92.97% obtenido en esta investigación como estándar de referencia para el Fundo Verde. Se recomienda, además, implementar un programa estricto de mantenimiento preventivo y limpieza de emisores Autocompensado para mitigar variaciones en el coeficiente de variación de fabricación, asegurando que la concordancia hallada entre la ficha técnica y el rendimiento en campo no se degrade por obturaciones, garantizando así la estabilidad de los rendimientos proyectados de 13,000 kg/ha.

4. Estandarizar el monitoreo morfométrico del fruto y el área foliar (16 cm x 10 cm) como indicadores de alerta temprana para el ajuste de la programación de riego en tiempo real. Se recomienda utilizar los resultados de esta investigación para establecer una tabla de correlación entre la lámina de riego aplicada y el calibre de exportación alcanzado (14 cm), permitiendo así una planificación logística anticipada de la cosecha. Esta gestión basada en datos debe integrar la proyección de rendimientos de 13,000 kg/ha con el presupuesto operativo de mano de obra y logística de transporte, asegurando que la eficiencia hídrica demostrada se traduzca en una ventaja competitiva de rentabilidad en el mercado internacional.

VIII. BIBLIOGRAFÍA

- Alfonso, B. (2016). MANUAL TECNICO DEL CULTIVO DEL AGUACATE HASS (Persea americana L.). www.hondurasag.org.
- Andalucía, . Instituto de Investigación y Formación Agraria y Pesquera. Consejería de Agricultura, Ganadería, Pesca y Desarrollo Sostenible. (2021). Manejo Sostenible del Riego en el Cultivo de Aguacate.
- Andrade Rodríguez, Marisol., & Muñoz León, C. (2019). Fundamentos de climatología. | Reservorio.
- Baca, C. (2019, Julio 21). MANUAL TECNICO DE RIEGO PRESURIZADO Modificado Marzo 2011. <https://es.scribd.com/document/399844858/MANUAL-TECNICO-DE-RIEGO-PRESURIZADO-modificado-marzo-2011-pdf>.
- Banco Mundial. (2013). Desafíos y Recomendaciones Oportunidades para todos Medio Ambiente y Recursos Hídricos. www.worldbank.org.
- Benavides, R. Y. (2021). Cultivo de Aguacate - Producción de aguacate Hass para exportación. Enfoque comercial y nutricional en mercados internacionales. Editorial Ítaca.
- Durán Ramírez, C. Felipe. (2008). Manual Técnico del Cultivo del Aguacate - Cultivo del Aguacate o Palta. www.hondurasag.org.
- Diccionario panhispánico del español jurídico - RAE. (2018, December 3). Definición de suelo. <https://dpej.rae.es/lema/suelo>.
- Domínguez, Jacinto. (2019). Diseño de riego por goteo (Mangifera indica L.) en el fundo M & B S.A.C distrito Buena Vista Alta, provincia Casma, región Ancash.
- Cisneros, Almazan. (2003). Apuntes de la materia de riego y drenaje, Riego por gravedad, enfoque académico y técnico.

- Drippro, empresa con sede en Turquía. (2016, March 25). Solución de problemas comunes en los sistemas de riego por goteo. <https://drippro.com/es/academy/p/445>.
- FAO. (2015). Evapotranspiración del cultivo. Editorial Trillas, Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP).
- Fao. (2021). El estado mundial de la agricultura y la alimentación La protección social y la agricultura: romper el ciclo de la pobreza rural.
- Ferreira, R., Sellés, G., Ahumada, R., & Maldonado, P. (2005). Manejo del riego localizado y fertirrigación boletín inia. Fertirrigación, control del riego, programación del riego.
- Fontela, A. (2016). "Manual práctico de fertirrigación en riego por goteo" (Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias, Trans.). Ediciones Agrotécnicas, Agua y Agronomía, 200. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=382837644004>.
- Fuentes Yague, J. L. (1999). Técnicas de Riego. Mundi-Prensa Libros, S.A., Sistema de riego en la agricultura., 484.
- García Legaspi, Yague. (1999). Técnicas de Riego - SISTEMAS DE RIEGO EN LA AGRICULTURA. 50.
- Gavilan & Farias. (2018). Método del Cenirrómetro como alternativa de programación de riego por aspersión como una alternativa de programación del riego en el cultivo de cacao, 50.
- Hoekstra, A. Y., Chapagain, A. K., Aldaya, M. M., y Mekonnen, M. M. (2011). Manual de evaluación de la huella hídrica: Establecimiento del estándar global. Water Footprint Network / Earthscan.

- Santos, M. (2008). Estudio de palta en el Perú y el Mundo, Ediciones Agrotécnicas.
- Lavalle, L. D. (2020). "Evaluación del sistema de riego presurizado en el cultivo de palto, aplicando el software SIGOPRAM, Centro Experimental Tumpis, Tumbes– 2020".
- Malvina, G. (2012). Riego en cultivos y pasturas. Montevideo, Uruguay - 2012, 2do. Seminario Internacional Salto / Uruguay, 124.
- Martínez, E. (2012). Fertilidad del Suelo y Parámetros que la definen, Material didactico de agricultura y alimentación. 3a Edición, 34.
- Martínez Ferri, Elsa. G. M. Ortega. C. P. Prieto. (2021, May 20). Junta de Andalucía, sf (2020), Manejo sostenible del riego en cultivo de aguacate. DOI.
- Mendoza, A. E. (2013). Riego por goteo.
- MINAGRI. (2015). MANUAL PARA EL CÁLCULO DE EFICIENCIA PARA SISTEMAS DE RIEGO. Ministerio de Agricultura y Riego, 54.
- Montes Hernández, L. A., Hernández Guzmán, J. A., López Sánchez, H., Vaquera Huerta, H., & Valdivia Bernal, R. (2014). Expresión fenotípica in situ de características agronómicas y morfológicas en poblaciones del maíz raza Jala. Revista Fitotecnia Mexicana, 37(4), 371
- http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0187-738020140004000009&lng=es&nrm=iso&tlng=es.
- Moshe Sneh. (2006). El riego por goteo - Diseño y componentes del sistema de riego por goteo.
- Alberto Nuñez, L. (2015). Manual Para El Cálculo De Eficiencia Para Sistemas De Riego. Dextra Editorial, 54.

Olarte, W. (2015, April 23). Detalles de: Manual de riego por gravedad.
https://biblioteca.unasam.edu.pe/cgi-bin/koha/opac-detail.pl?biblionumber=16847&shelfbrowse_itemnumber=20370#holdings.

Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y agricultura. (2021). El estado de los recursos de tierras y aguas del mundo para la alimentación y la agricultura.

Palma López Rufo Sánchez Hernández, D. J. (2012). Uso y manejo del suelo ciencia del suelo Hacia un conocimiento global y multidisciplinario del recurso suelo División III: Uso y manejo del suelo. Editorial Unimagdalena

Pérez & Castillo. (2016). Informe de evaluación de resultados del PESEM del Sector Agrario y de Riego, periodo 2016 - 2021. Encendido y apagado., 120.

Pizarro, F. (2021, June 30). Pizarro Riego Localizados de Alta Frecuencia.
<https://es.scribd.com/document/494675214/312379749-Pizarro-Riego-Localizados-de-Alta-Frecuencia-1-Copia>.

Rodrigo, R. (2018, Febrero 26). Rendimiento de los cultivos. Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (USDA). <https://exonegocios.com/rendimiento-de-los-cultivos/>

Taramuel, J. P., Montoya Restrepo, I. A., & Barrios, D. (2024). Desafíos de la cadena productiva del aguacate en América Latina: un análisis descriptivo. Agronomía colombiana, <https://doi.org/10.15446/agron.colomb.v42n2.113982>.

Torres, A. (n.d.). Manual del cultivo del palto [1] Boletín INIA / N° 13 Manual del cultivo del palto.

Veintimilla, R. Fabricio. (2015). Cálculo y Diseño de un Sistema de Riego para diferentes cultivos en la Granja Experimental Limoncito.

ANEXOS

a). Matriz de consistencia

[illegible]

b. Instrumentos recogida de datos

b.1 Licencia de empleo de agua, uso agrícola



Firmado digitalmente por BECERRA
SILVA Jose Luis FAU 20520711865
hard
Motivo: Soy el autor del documento
Fecha: 12/12/2022



CUT: 118023-2022

RESOLUCIÓN DIRECTORAL N° 0780-2022-ANA-AAA.UV

San Sebastian, 12 de diciembre de 2022

LICENCIA DE USO DE AGUA, USO AGRÍCOLA

VISTO:

CUT	118023-2022	Fecha	14 de julio de 2022
COMITÉ DE USUARIOS DE AGUA MANDOR ROSASPATA Y MANAHUAÑUNCA			
Representado por:		Documento	
MARIO HUANCA CRUZ		DNI 24966019	
Informe Formalización		Fecha	
089-2022 - ANA-AAA.UV-ALA.CV		05 de agosto de 2022	

CONSIDERANDO:

La Resolución Jefatural N° 058-2018-ANA y el Informe de Formalización N° 089-2022 ANA-AAA.UV-ALA.CV, de la Administración Local de Agua La Convencion.

SE RESUELVE:

Artículo 1°

Aprobar la delimitación del Bloque MANDOR ROSASPATA Y MANAHUAÑUNCA, según el plano que forma parte de la presente resolución, el cual tiene un área bajo riego de 125.000 (ha) y su centroide ubicado geográficamente en las coordenadas UTM 752464.94000mE y 8572923.14000mN, DATUM WGS84, zona 18, políticamente en el distrito de Maranura, provincia de La Convencion, departamento Cusco.

Artículo 2°

Otorgar, licencia de uso de agua Superficial por un volumen hasta 1170357.00 m³/año, para uso Agrícola, a favor de "COMITÉ DE USUARIOS DE AGUA MANDOR ROSASPATA Y MANAHUAÑUNCA", conforme al siguiente detalle:"

conforme al siguiente detalle:
Esta es una copia auténtica imprimible de un documento electrónico archivado de ANA, aplicando lo dispuesto por el Art. 25 de D.S. 070-2013-PCM y la Tercera Disposición Complementaria Final del D.S. 026-2016-PCM. Su autenticidad e integridad pueden ser contrastadas a través de la siguiente dirección web: Uri:<http://sisged.ana.gob.pe/consultas> e ingresando la siguiente clave : 4367482F



Firmado digitalmente por BECERRA
SILVA Jose Luis FAU 20520711885
hard
Motivo: Soy el autor del documento
Fecha: 12/12/2022

Titular					
COMITÉ DE USUARIOS DE AGUA MANDOR ROSASPATA Y MANAHUAÑUNCA					
Clase de Uso		Clase Derecho		Tipo de Uso	
Productivo		Licencia		Agrícola	
Bloque riego					Area servicio
MANDOR ROSASPATA Y MANAHUAÑUNCA					125.000(ha)
Ubicación del lugar donde se hará uso del agua	Política	Dpto.	Cusco		
		Prov.	La Convencion		
		Dist.	Maranura		
	Administrativa	AAA	Urubamba Vilcanota		
		ALA	La Convencion		
Geográfica	WGS84 UTM, Zona 18, E:752464.94000, N:8572923.14000				
Origen de fuente natural: Superficial		Quebrada MANDOR			
Ubicación geográfica de la captación		WGS84 UTM, Zona:18 E:753107.00 N:8573611.00			
Volumen otorgado anual (m³)		85264.0			
Distribución mensual del volumen otorgado (m³)					
Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
0.0	0.0	85264.0	0.0	0.0	0.0

Origen de fuente natural: Superficial		Quebrada MANDOR			
Ubicación geográfica de la captación		WGS84 UTM, Zona:18 E:754067.00 N:8573705.00			
Volumen otorgado anual (m³)		209795.0			
Distribución mensual del volumen otorgado (m³)					
Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun
0.0	0.0	0.0	0.0	33096.0	37749.0
Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
19872.0	42463.0	3886.0	14900.0	7347.0	50482.0

Origen de fuente natural: Superficial		Quebrada MANDOR			
Ubicación geográfica de la captación		WGS84 UTM, Zona:18 E:753815.00 N:8573785.00			
Volumen otorgado anual (m³)		673706.0			
Distribución mensual del volumen otorgado (m³)					
Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun
68190.0	39580.0	43446.0	52623.0	68326.0	60627.0
Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
56943.0	51238.0	46837.0	56943.0	60627.0	68326.0

Esta es una copia auténtica imprimible de un documento electrónico archivado de ANA, aplicando lo dispuesto por el Art. 25 de D.S 070-2013-PCM y la Tercera Disposición Complementaria Final del D.S 026-2016-PCM. Su autenticidad e integridad pueden ser contrastadas a través de la siguiente dirección web: Url:<http://sisged.ana.gob.pe/consultas> e ingresando la siguiente clave : 4367482F



Firmado digitalmente por BECERRA
SILVA, Jose Luis FAU 20520711865
hard
Motivo: Soy el autor del documento
Fecha: 12/12/2022

Origen de fuente natural: Superficial		Quebrada MANDOR			
Ubicación geográfica de la captación		WGS84 UTM, Zona:18 E:753816.00 N:8573789.00			
Volumen otorgado anual (m³)		734124.0			
Distribución mensual del volumen otorgado (m³)					
Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun
18405.0	94472.0	96819.0	31663.0	37330.0	43201.0
Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
63582.0	86557.0	112908.0	67565.0	38275.0	43347.0

Artículo 3°

El titular de la licencia de uso de agua expedirá los Certificados Nominativos a sus asociados que acrediten la titularidad o posesión legítima del predio conformante del bloque; los que a sola presentación a la Administración Local de Agua correspondiente, se inscriben en el Registro Administrativo de Derechos de Uso de Agua.

Artículo 4°

Inscribir la licencia otorgada mediante la presente resolución en el Registro Administrativo de Derechos de Uso de Agua.

Artículo 5°

Notificar la presente resolución a COMITÉ DE USUARIOS DE AGUA MANDOR ROSASPATA Y MANAHUAÑUNCA, JUNTA DE USUARIOS DE AGUA DEL SECTOR HIDRAULICO MENOR URUBAMBA VILCANOTA BAJO, Municipalidad distrital de Maranura y su publicación en el portal web de la Autoridad Nacional del Agua

Artículo 6°

No se otorgará ni registrarán Certificados Nominativos, cuando estos excedan al volumen de agua asignado al bloque.

Regístrese y comuníquese,

FIRMADO DIGITALMENTE

JOSE LUIS BECERRA SILVA
DIRECTOR

AUTORIDAD ADMINISTRATIVA DEL AGUA - URUBAMBA VILCANOTA

b.2 Acreditación correspondiente a disponibilidad hídrica



PERÚ

Ministerio
de Agricultura y Riego

Autoridad Nacional del Agua

Autoridad Administrativa del Agua
XII Urubamba Vilcanota"Decenio de las Personas con Discapacidad en el Perú"
"Año de la Consolidación del Mar de Grau"**RESOLUCIÓN DIRECTORAL Nro. 381 -2016-ANA/AAA XII.UV.**Cusco, **22 JUL 2016**

VISTO:

El Expediente Administrativo N°270-2016, con CUT: 5424 -2016, fue iniciado ante la Administración Local de Agua La Convención, presentado por la Municipalidad Distrital de Maranura representado por su Alcalde Wilman Caviedes Choque, Solicitando: Acreditación de Disponibilidad Hídrica superficial de la fuente hídrica Río Mandormayo.

CONSIDERANDO:

Que, el numeral 79.1 del Art. 79° del D.S. N°023-2014, establece: Los procedimientos para el otorgamiento de la licencia de uso de agua son: ...b) Acreditación de disponibilidad hídrica y c) Autorización de ejecución de obras de aprovechamiento hídrico.

El numeral 81.1 y 81.2, del artículo 81° del D.S. N° 023-2014-MINAGRI, establece que, La Acreditación de la Disponibilidad Hídrica certifica la existencia de recursos hídricos en cantidad, oportunidad y calidad apropiadas para un determinado proyecto en un punto de interés, se puede obtener mediante:

a) Resolución de Aprobación de la Disponibilidad Hídrica y b) Opinión Técnica Favorable a la Disponibilidad Hídrica contenida en el Instrumento de Gestión Ambiental (IGA). La Acreditación de Disponibilidad Hídrica tiene un plazo de vigencia de dos (02) años, no faculta a usar el agua ni ejecutar obras y no es exclusiva ni excluyente. Puede ser otorgado a más de un peticionario, respecto de una misma fuente;

Que, el administrado presentó solicitud (folio 1), copia simple de DNI (folio 2), copia de la Credencial otorgada por el Jurado Electoral Especial de Urubamba copia simple de la Credencial otorgada por el Jurado Electoral Especial de Urubamba para su reconocimiento como Alcalde (folio 3), Memoria Descriptiva para la Acreditación de la Disponibilidad Hídrica Superficial de Pequeños Proyectos – "Mejoramiento y Ampliación del Sistema de Riego en los sectores de Mandor Rosaspata, Balsapampa Chico, Manahuañunca del distrito de Maranura – La Convención –Cusco" (fojas 4 – 26), adjuntando Anexos: Mapa de Ubicación, cuadros, gráficos y cálculos (fojas 28 -77), Recibo de Ingresos 186 N°00054, por Aprobación de Estudios de Aprovechamiento de recurso hídrico (folio 79). En atención a la Notificación N°053-2016-ANA-ALA-LA CONVENCION, el administrado presentó Boleta de Venta 142 N°000260 por Inspección Ocular (folio 89). La administrada en atención a la Notificación N°054-2016-ANA-ALA-LA CONVENCION, presentó Constancia de Publicación expedida por el Alcalde de la Municipalidad Distrital de Echarati (folio 93), Constancia de Conformidad de Aviso y Publicaciones expedida por Teniente Gobernador de Mandor (folio 94), Constancia de Publicación expedida por el Presidente de la Junta de Usuarios de Riego La Convención (folio 95) Panel fotográfico (fojas 96 y 97). En atención al Informe Legal N°069-2016-AAA.UV-UAJ/YFEM, el administrado con Carta N°13-2016-MDM-LC, presentó Certificado de Habilidad del profesional que suscribió el proyecto (folio 116);

Que, se efectuó la Verificación Técnica de Campo, en fecha 11/02/2016, (fojas 98-99) llevada a cabo con la participación del personal de la ALA La Convención, y personal de la Municipalidad Distrital de Maranura, en el sector Mandor del distrito de Maranura, de la provincia de La Convención, constituyéndose en el punto de captación de la fuentes hídrica denominada río Mandor ubicadas en las coordenadas UTM-WGS 84 Z18S: 753883 E y 857767 N, altitud 1285 msnm con un caudal de 210 l/s. Se verificó que las obras del Sistema de Riego Mandor, tiene un inicio obra que data del 09 de Octubre del 2013. Se verificó la existencia de una infraestructura de concreto con una longitud de 89 m, un ancho de 8.70m y altura de 1.80m, corresponde al sistema de riego Mandor, actualmente se constata la construcción de tapas de canal de aducción;

Que, se emitió el Informe Técnico N°027-2016-ANA-AAA-XII-UV/SDARH/EASS/rma (fojas 105-104) del Especialista SDARH, que en su análisis manifiesta: La



PERÚ

Ministerio
de Agricultura y Riego

Autoridad Nacional del Agua

Autoridad Administrativa del Agua
XII- Urubamba Vilcanota"Decenio de las Personas con Discapacidad en el Perú"
"Año de la Consolidación del Mar de Grau"

presentación del Formato Anexo N° 07, "Memoria Descriptiva para la Acreditación de la Disponibilidad Hídrica Superficial de Pequeños Proyectos", está sustentada en lo establecido en la Resolución Jefatural N° 007-2015-ANA, "Reglamento de Procedimientos Administrativos para el Otorgamiento de Derechos de Uso de Agua y Autorizaciones de Ejecución de Obras en Fuentes Naturales de Agua", que deroga la Resolución Jefatural N° 579-2010-ANA. Concluyendo: De acuerdo a la revisión de la documentación presentada por el administrado, (...) han cumplido con la presentación de la documentación exigida en ley y con las condiciones para la acreditación de la disponibilidad hídrica para el proyecto "Mejoramiento y Ampliación del Sistema de Riego en los sectores de Mandor Rosaspata, Balsapampa Chico, Manahuañunca del distrito de Maranura – La Convención - Cusco". Recomendando otorgar un plazo máximo de vigencia de dos (02) años (...) la Acreditación de la disponibilidad hídrica, como procedimiento previo al otorgamiento de la Licencia de Uso de Agua, y remitir el expediente administrativo a la Unidad de Asesoría Legal (...) para la continuación del trámite correspondiente. La Sub Directora (e) de Administración de Recursos Hídricos, con Informe Técnico N°-2016-ANA-AAA-UV/SDARH (e) - BEFV (folio 110) dio la conformidad a lo concluido en el referido informe, con opinión técnica Procedente, recomendando que la Unidad de Asesoría Jurídica, elabore el proyecto de Resolución Directoral;

Que, de la revisión y evaluación de los actuados en el expediente de Acreditación de Disponibilidad Hídrica/Aprobación de Estudios de Aprovechamiento Hídrico, de la fuente hídrica Rio Mandor, se evidencia que la administrada ha cumplido con los requisitos previstos por la correspondiente norma y atendiendo lo manifestado en los informes técnicos, se colige que el procedimiento administrativo se ha llevado de manera regular, sin mediar vicio que lo invalide, cumpliendo con los parámetros técnicos y requisitos legales, por lo que, resulta amparable;

Que, con los vistos de la Unidad de Asesoría Jurídica, Informe Legal N°121-2016-AAA-UV-UAJ/YFEM, y de la Sub Directora (e) de Administración de Recursos Hídricos, Informe Técnico N°053-2016-ANA-AAA-XII-UV/SDARH (e) - BEFV, y; de conformidad con lo establecido por el D.S. N°006-2010-AG, Reglamento de Organización y Funciones de la Autoridad Nacional del Agua; esta Autoridad Administrativa del Agua XII-Urubamba – Vilcanota;

RESUELVE:

ARTÍCULO 1º.- ACREDITAR la Disponibilidad Hídrica para uso consuntivo productivo agrario de la fuente hídrica Rio Mandormayo, para el proyecto "Mejoramiento y Ampliación del Sistema de Riego en los sectores de Mandor Rosaspata, Balsapampa Chico, Manahuañunca del distrito de Maranura – La Convención - Cusco", a favor de la Municipalidad Distrital de Maranura representado por su Alcalde Wilman Caviedes Choque, de acuerdo al siguiente detalle:

UBICACIÓN POLITICA	TIPO DE FUENTE	NOMBRE DE LA FUENTE DE AGUA	COORDENADAS UTM (WGS84 - 18S)		ALTITUD (msnm)	CAUDAL ACREDITADO (l/s)	VOLUMEN ACREDITADO (M3)
			ESTE	NORTE			
Sector.: Mandor Distrito: Maranura Provincia: La Convencion Departamento : Cusco	Rio	Mandormayo	753883	8577677	1285	53.776	1,133,688.96
TOTAL						53.776	1,133,688.96

ARTÍCULO 2º.- ESTABLECER que la Acreditación de Disponibilidad Hídrica a favor de la Municipalidad Distrital de Maranura, acredita la demanda de un volumen total de hasta 1' 133,688.96 m³/año, y mensualizada, de acuerdo al siguiente detalle:

Fuente de Agua	VOLUMEN ACREDITADO MENSUAL (m³)												Volumen Total Anual (m³)
	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	
Rio Mandormayo	0.00	0.00	0.00	121824.00	174096.00	151649.60	152156.64	174099.52	187907.20	147312.00	44064.00	0.00	1133688.96



PERÚ

Ministerio
de Agricultura y Riego

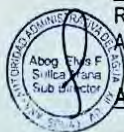
Autoridad Nacional del Agua

Autoridad Administrativa del Agua
XII Urubamba Vilcanota"Decenio de las Personas con Discapacidad en el Perú"
"Año de la Consolidación del Mar de Grau"

ARTÍCULO 3°.- PRECISAR que la Acreditación indicada en el artículo 1°, es de DOS (02) años, contados a partir de la fecha de notificación de la presente resolución.

ARTÍCULO 4°.- DECLARAR, que la Acreditación de Disponibilidad Hídrica para la obtención de la licencia de uso de agua superficial con fines poblacionales, no autoriza la utilización, ni el aprovechamiento del recurso hídrico a favor de la administrada, siendo necesario para ello que la administrada obtenga el derecho de uso de agua correspondiente, de conformidad al cumplimiento de las condiciones concurrentes del artículo 53° de la Ley de Recursos Hídricos - Ley N° 29338.

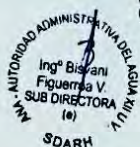
ARTÍCULO 5°.- REMITIR copia de la presente resolución a la Sub Dirección de Administración de Recursos Hídricos, Unidad del Sistema Nacional de Información de Recursos Hídricos, y a la Administración Local de Agua La Convención.



ARTÍCULO 6°.- NOTIFICAR la presente resolución a la administrada, en su domicilio legal.

REGÍSTRESE y COMUNÍQUESE.

MPBCHUAIJytem
Cc. Arch.

MINISTERIO DE AGRICULTURA
AUTORIDAD NACIONAL DEL AGUA
AUTORIDAD ADMINISTRATIVA DEL AGUA
XII Urubamba VilcanotaIng. Miguel P. Beltrán Chite
DIRECTOR
CIP. N° 59821

b.3 Análisis de físico-químico del suelo



LABORATORIO DE ANALISIS QUIMICO, FISICO DE SUELOS AGUAS Y PLANTAS

CALLE ALMAGRO N° 190
TELF.: 277471 - CEL: 984 163025
SAN JERÓNIMO - CUSCO



INFORME DE ANALISIS

TIPO ANALISIS : FERTILIDAD CARACTERIZACION Y OTROS ANALISIS

PROCEDENCIA DE MUESTRAS : FUNDO - VERDE MARANURA, LA CONVENCION - CUSCO.

INSTITUCION SOLICITANTE : MICHAEL MAMANI QUISPE.

ANALISIS DE FERTILIDAD:

N°	CLAVE	mmhos/cm. C.E.	PH	meq/100 Al ⁺⁺⁺	% M.ORG	% N.TOTAL	ppm P ₂ O ₅	ppm K ₂ O
01	FUNDO VERDE	0.17	6.40	0.10	4.98	0.25	53.9	497

ANALISIS FISICO MECANICO:

N°	CLAVE	meq/100 C.I.C.	% ARENA	% LIMO	% ARCILLA	CLASE-TEXTURAL
01	FUNDO VERDE	17.03	33	41	26	FRANCO

OTROS ANALISIS:

N°	CLAVE	% H.E.	% C.C.	gr/c.c. Da	gr/c.c. Dr	% PMP	% POROSIDAD
01	FUNDO VERDE	26.31	25.37	1.35	2.51	12.51	46.21

CUSCO, 16 DE JULIO DEL 2,021.

b.4 Análisis de agua



LABORATORIO DE ANALISIS QUIMICO, FISICO DE SUELOS AGUAS Y PLANTAS

CALLE ALMAGRO N° 190
TELF.: 277471 - CEL: 984 163025
SAN JERÓNIMO - CUSCO



INFORME DE ANALISIS DE AGUAS

TIPO DE ANALISIS : FISICO – QUIMICO.

MUESTRA : AGUA PARA RIEGO

PROCEDENCIA : FUNDO VERDE – MARANURA LA CONVENCION - CUSCO

INSTITUCION SOLICITANTE : MICHAEL MAMANI QUISPE.

FECHA : CUSCO, 16 DE JULIO DEL 2,021.

N°	DETERMINACIONES	UNIDAD	FUNDO - VERDE
01	DUREZA TOTAL CaCO_3	meq/L	1.50
02	ALCALINIDAD TOTAL HCO_3	meq/L	0.45
03	ACIDEZ TOTAL CO_2	meq/L	0.25
04	CLORUROS Cl^-	meq/L	0.14
05	SULFATOS SO_4	meq/L	1.05
06	SODIO Na^+	meq/L	0.12
07	POTASIO K^+	meq/L	0.02
08	CALCIO Ca^{++}	meq/L	1.42
09	MAGNESIO Mg^{++}	meq/L	0.42
10	pH		6.80
11	C.E.	mmhos/cm	0.13
12	RAS		0.50
13	CLASE		$\text{C}_1\text{-S}_1$

NOTA : LA MUESTRA DE AGUA ES DE LA CLASE ($\text{C}_1\text{-S}_1$) QUE SIGNIFICA UNA SALINIZACION BAJA Y UNA ALCALINIZACION BAJA POR CONSIGUIENTE LA MUESTRA DE AGUA ES DE UNA BUENA CALIDAD PARA EL USO DE RIEGO CORRESPONDIENTE.

b.5 datos climáticos (solicitud, data clima, vía correo electrónico)

Señor(a)

DIRECTOR(A) ZONAL DEL SERVICIO NACIONAL DE METEOROLOGÍA E HIDROLOGÍA DEL PERU – SENAMHI

Presente. -

MICHAEL MAMANI QUISPE

.....
SANTA TERESA S/N-CUSCO
.....

CON N.º **DNI:46259341**, TELF.: 947827099 Y WHATSAPP 980722125, PE-MAIL maikolagronomia@gmail.com

Universidad/ Instituto: UNIVERSIDAD NACIONAL SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO

Carrera/ Profesión: AGRONOMIA

Ante usted me presento y expongo;

Teniendo que recurrir a su despacho con la necesidad de que pueda apoyarme, comentarle que estoy elaborando un proyecto de tesis titulado: **DEMANDA HIDRICA CON EL TANQUE EVAPORIMETRO CLASE A, PARA LA PRODUCCION DE PALTO (*Persea americana*) BAJO RIEGO LOCALIZADO POR GOTEO AUTOCOMPESADO EN EL FUNDO VERDE, DISTRITO DE MARANURA, LA CONVENCION EN EL 2021.**, en la cual para poder lograr los objetivos planteados son:

- Determinar la demanda hídrica para el cultivo de palto con el uso del tanque evaporímetro clase A.
- Plantear el diseño agronómico para el cultivo de palto.
- Evaluar el rendimiento y las características fenotípicas del cultivo de palto bajo riego localizado por goteo autocompesado.
- Calcular el coeficiente de uniformidad de la distribución del agua con riego localizado por goteo.

Como se menciona dicho proyecto para poder plantear un diseño agronómico dentro de la rama de riegos, se necesita datos meteorológicos y en base a ello definir la ETo (la evapotranspiración del cultivo), este dato importante nos dará los tiempos y frecuencia de riego en el cultivo de palto así mismo conocer el número de goteros por planta, es por ello que se requiere de datos precisos para poder dar a conocer en la zona donde se pretende realizar el proyecto los resultados esperados.

Indicar también que dicho proyecto ya está en marcha lo cual los datos meteorológicos son muy importantes para poder culminar la investigación.

Esperando que su digno despacho me pueda apoyar ya que dicha investigación es relevante por que no se cuenta actualmente ese tipo de investigación ya que mi único propósito es hacer realce y contribuir a nuestros agricultores la tecnología y manejo en riego, en ese entender solicito la siguiente información de las estaciones mas cercanas al lugar de estudio en este caso La Convención, maranura, región Cusco y son:

N°	ESTACIÓN	PARÁMETROS	ESCALA	PERÍODOS
1	QUILLABAMBA	TEMPERATURA MEDIA MENSUAL	(°C).	2018 AL 2021, HASTA LA FECHA
2	QUILLABAMBA	HUMEDAD RELATIVA	(HR %)	2018 AL 2021, HASTA LA FECHA
3	QUILLABAMBA	PRECIPITACION TOTAL MENSUAL	(mm)	2018 AL 2021, HASTA LA FECHA
4	QUILLABAMBA	TEMPERATURA MINIMA Y MAXIMA	(°C)	2018 AL 2021, HASTA LA FECHA
5	QUILLABAMBA	INSOLACION	HORAS	2018 AL 2021, HASTA LA FECHA

NOTA: los datos relevantes son el 1,2,3, le agradezco de antemano

Por lo expuesto, agradeceré a usted atender lo solicitado.

Cusco, Setiembre del 2021



46259341
Michael Mamani Quispe

Firma del Usuario

PROCEDIMIENTOS PARA OTORGAR INFORMACIÓN HIDROMETEOROLÓGICA EN EL SENAMHI A
ESTUDIANTES, TESISISTAS, MAESTRISTAS, DOCTORADO E INVESTIGADORES

ANEXO 04: FORMATO DE CARTA DE COMPROMISO

CARTA DE COMPROMISO

Yo, Michael Mamani Quispe
identificado (a) con DNI N° 46259341, alumno de la
Carrera Agronomía, me comprometo a cumplir con
lo siguiente:

Entrega de un (01) ejemplar de mi trabajo de Tesis a la Biblioteca del Servicio
Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú - SENAMHI, al término y debida
sustentación del mismo.

Cusco de Setiembre del 2021.

Michael Quispe
Firma del Usuario



PROCEDIMIENTOS PARA OTORGAR INFORMACIÓN HIDROMETEOROLÓGICA EN EL SENAMHI A
ESTUDIANTES, TESISISTAS, MAESTRISTAS, DOCTORADO E INVESTIGADORES

ANEXO 03: FORMATO DE DECLARACIÓN JURADA

DECLARACION JURADA

Yo, Michael Mamani Quispe identificado (a) con DNI
Nº 46259341 con domicilio en Hogar del Cristo S.p.A en el Distrito de
Santa Fe Provincia de La Convención Departamento
CUSCO



DECLARO BAJO JURAMENTO, QUE



La información hidrometeorológica proporcionada por SENAMHI, será de uso exclusivo de
mi trabajo/proyecto/tesis titulado (a) "DEMANDA HIDRICA CON EL TANQUE EVAPORIMETRO
CLASE "A" PARA LA PRODUCCION DE PAJATO BAJO RIEGO DOTE" de la Universidad/Instituto
Universidad Nacional San Antonio Abad del Cusco (UNSAAC)



Cusco de Setiembre del 2021.

Michael Quispe

Firma del Usuario



ESTACION: QUILLABAMBA/CP - METEOROLOGICA/ CODIGO 112036											
LONGITUD	:	72° 41' 30.26" W"	DPTO.	:	CUSCO						
LATITUD	:	12° 51' 23.22" S"	PROV.	:	LA CONVENCION						
ALTITUD	:	1001 msnm	DIST.	:	SANTA ANA						

FUENTE: SENAMHI

PARAMETRO: PRECIPITACION TOTAL MENSUAL (mm)												
AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
2018	178.2	206.8	285.8	35.2	52.8	57.0	27.0	34.9	5.0	194.8	85.8	135.0
2019	175.2	220.0	107.0	116.4	97.4	24.8	25.2	0.0	58.4	167.2	190.1	178.7
2021	182.4	158.2						17.2	42.3	79	158.7	165.2
2022	212.4	233.3	267									
Prom	187.1	204.6	219.9	75.8	75.1	40.9	26.1	17.4	35.2	147.0	144.9	159.6

PARAMETRO: TEMP MAXIMA MEDIA MENSUAL (°C)												
AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
2018	30.8	29.6	29.5	30.3	31.0	29.4	30.4	29.7	33.4	30.8	28.7	30.2
2019	30.1	28.8	30.1	29.9	30.9	30.9	31.4	31.8	31.9	30.9	31.3	28.8
2021	29.05	30.29						31.24	31.09	31.55	30.71	30.91
2022	30.88	30.44	30.46		31.16							
Prom	30.2	29.8	30.0	30.1	31.0	30.1	30.9	30.9	32.1	31.1	30.2	30.0

PARAMETRO: TEMP MINIMA MEDIA MENSUAL EN (°C)												
AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
2018	19.9	19.2	18.4	18.7	18.7	17.1	16.4	17.2	19.4	19.1	18.7	19.2
2019	18.7	18.4	18.2	18.5	18.6	17.1	17.1	16.6	18.6	18.5	19.0	18.7
2021	19.63	19.43						17.3	18.19	19.26	19.29	18.88
2022	19.11	18.71	18.74		17.39							
Prom	19.3	18.9	18.4	18.6	18.2	17.1	16.7	17.0	18.7	19.0	19.0	18.9

PARAMETRO: HORAS Y DECIMAS DE SOL (Horas)												
AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
2018	74.3	58.4	47.1	76.3	156.6	91.0	100.8	117.8	172.7	93.4	58.2	100.6
2019	88.4	65.5	72.4	89.4	123.8	141.4	155.1	182.7	126.9	132.8		
Prom	81.4	62.0	59.8	82.9	140.2	116.2	128.0	150.3	149.8	113.1	58.2	100.6

PARAMETRO: TEMPERATURA MEDIA MENSUAL (°C)												
AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
2018	25.4	24.4	23.9	24.5	24.8	23.2	23.4	23.4	26.4	24.9	23.7	24.7
2019	24.4	23.6	24.1	24.2	24.8	24.0	24.2	24.2	25.2	24.7	25.2	23.8
Prom	24.9	24.0	24.0	24.3	24.8	23.6	23.8	23.8	25.8	24.8	24.4	24.2

3/8/22, 15:03

Correo: Martha Huilca Condor (DZ12) - Outlook

RE: INFORMACION FALTANTE 2 ENVIO

Martha Huilca Condor (DZ12) <mhuilca@senamhi.gob.pe>

Lun 15/11/2021 17:04

Para: MICHAEL MAMANI QUISPE <191079@unsaac.edu.pe>

 1 archivos adjuntos (14 KB)

quillabamba.xlsx;

Buenas tardes Estimado

Un saludo cordial a nombre de la Dirección Zonal 12 SENAMHI, el presente es con la finalidad de dar atención a la solicitud de expediente de recepción N° 2021-0006588, mediante el cual solicita información de datos meteorológicos de la estación Quillabamba, por lo que adjunto al presente dicha información de acuerdo a la disponibilidad encontrada en el banco de información de nuestra Institución, esperando que lo alcanzado sirva para los propósitos trazados. Como también aprovecho la ocasión para recordarle el compromiso que sostuvo con el SENAMHI de emitir un ejemplar de Tesis aprobada.

NOTA: Por favor, confirmar la recepción del presente.

Atentamente

Martha Huilca Condor
Asistente Administrativo
DZ12-Cusco

De: MICHAEL MAMANI QUISPE <191079@unsaac.edu.pe>**Enviado:** jueves, 11 de noviembre de 2021 23:40**Para:** Martha Huilca Condor (DZ12) <mhuilca@senamhi.gob.pe>**Asunto:** INFORMACION FALTANTE 2 ENVIO

BUENAS NOCHES ESTOY ENVIANDO LA DOCUMENTACION FALTANTE Y VAN UN MES Y MEDIO Y HASTA AHORA NO ME DAN SOLUCION AL PEDIDO MI TESIS NO PUEDE ESPERAR MAS. LE ESTOY ENVIANDO LA INFORMACION FALTANTE EN EL ITEM 2. ESTOY REEMPLAZANDO LA CARTA DEL RECTOR POR MI RESOLUCION DE TESIS Y EL ITEM 3 EL RESUMEN EN 3 HOJAS DE LA TESIS LE ESTOY ENVIANDO.

b.6 validación de instrumentos y fichas de recolección de datos

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO
ESCUELA DE POSGRADO
MAESTRIA EN INGENIERIA CIVIL
MENCION: RECURSOS HIDRICOS Y MEDIO AMBIENTE
FORMATO DE VALIDACIÓN DEL INSTRUMENTO DE INVESTIGACIÓN

DATOS GENERALES:

Autor: Br. Michael Mamani Quispe

Sección: Maestría en Ingeniería Civil **Mención:** Recursos hídricos y Medio Ambiente, Título de la Tesis: **EFFECTO DEL RIEGO POR GOTEO AUTOCOMPENSADO EN LA PRODUCCION DE PALTO (*persea americana*), VARIEDADES HASS Y FUERTE EN EL FUNDO VERDE, DISTRITO DE MARANURA, PROVINCIA DE LA CONVENCIÓN - 2021.**

Instrucciones: Determinar si el instrumento de medición reúne los indicadores mencionados y evaluar si ha sido excelente, muy bueno, bueno, regular o deficiente, colocando un aspa (X) en el casillero correspondiente por lo que se adjunta la matriz de consistencia y la operacionalización de las variables establecidas.

I. ASPECTO DE VALIDACIÓN

N°	Indicadores	Definición	Excelente 5	Muy bueno 4	Bueno 3	Regular 2	Deficiente 1
1	Claridad y precisión	Las preguntas están redactadas en forma clara y precisa, sin ambigüedades.		X			
2	Coherencia	Las preguntas guardan relación con la hipótesis, las variables e indicadores del proyecto.	X				
3	Validez	Las preguntas han sido redactadas teniendo en cuenta la validez del contenido y criterio.	X				
4	Organización	La estructura es adecuada. Comprende la presentación, instrucciones.		X			
5	Confiabilidad	El instrumento es confiable porque en la variable independiente se formularon 9 preguntas y para la variable dependiente 6 preguntas	X				
6	Control de sesgo	Presenta algunas preguntas distractoras para controlar la contaminación de las respuestas.			X		
7	Orden	Las preguntas y reactivos han sido redactadas utilizando la técnica de lo general a lo particular.		X			
8	Marco de referencia	Las preguntas han sido redactadas de acuerdo al marco de referencia del encuestado: lenguaje, nivel de información.	X				
9	Extensión	El número de preguntas no es excesivo y está en relación a las variables, dimensiones e indicadores del problema.	X				
10	Inocuidad	Las preguntas no constituyen riesgo para el encuestado.		X			

II. PROMEDIO DE VALORACIÓN: 88 %

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD:

- El instrumento puede ser aplicado, tal como está elaborado
- El instrumento debe ser mejorado antes de ser aplicado

X

Observaciones: _____

En consecuencia, el instrumento puede ser aplicado.

IV. Nombre y Apellido del Juicio del Experto: Dr. Carlos Jesús Baca García



Firma del experto
 ORCID: 0000-0002-8284-0614

b.6.1 fichas de recolección de datos

FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS N.º 01			
DIMENSIÓN 1: Demanda hídrica del cultivo de palto			
OBJETIVO:			
Registrar la demanda hídrica del cultivo de palto mediante el tanque evaporímetro Clase A y la ecuación de Penman-Monteith.			
DATOS GENERALES			
Fundo: _____			
Ubicación: _____			
Fecha: // _____			
Evaluador: _____			
VARIABLES DE REGISTRO			
Ítem	Indicador	Unidad de medida	Valor
1	Evaporación tanque Clase A	mm/día	
2	Coeficiente de tanque (Kp)	adimensional	
3	Evapotranspiración de referencia (ET _o)	mm/día	
4	Coeficiente del cultivo (K _c)	adimensional	
5	Evapotranspiración del cultivo (ET _c)	mm/día	
6	Requerimiento hídrico	L/planta/día	
Observaciones:			

FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS N.º 02			
DIMENSIÓN 2: Diseño agronómico			
OBJETIVO:			
Registrar las características técnicas del diseño agronómico del sistema de riego por goteo autocompensado.			
DATOS GENERALES			
Sector: _____			
Fecha: // ____			
Evaluador: _____			
Ítem	Indicador	Unidad	
1	Distancia entre plantas	m	
2	Distancia entre hileras	m	
3	Número de goteros por planta	unid	
4	Caudal nominal del gotero	L/h	
5	Presión de trabajo	m.c.a	
6	Tiempo de riego	h	
7	Frecuencia de riego	riegos/semana	
8	Eficiencia de aplicación	%	
Observaciones:			

FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS N.º 03					
Dimensión 3: CUC de riego					
OBJETIVO:					
Registrar el rendimiento y las características fenotípicas del cultivo de palto bajo riego por goteo autocompensado.					
DATOS GENERALES					
Variedad: ☐ Hass ☐ Fuerte					
Fecha: // ____					
Evaluador: _____					
Planta N.º	Altura (m)	Diámetro copa (m)	Nº frutos	Peso promedio fruto (kg)	Producción (kg/planta)
1					
2					
3					
4					
5					
Observaciones:					
CÁLCULO DEL CUC (COEFICIENTE DE UNIFORMIDAD DE CHRISTIANSEN)					
Punto de medición	Lámina aplicada (mm)				
1					
2					
3					
4					
5					
6					
7					
8					
9					
10					
CUC (%) = _____					

FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS N.° 04				
DIMENSIÓN 4: Balance Hídrico				
OBJETIVO:				
Determinar el balance hídrico del cultivo de palto bajo riego por goteo autocompensado, expresado en m³/ha/mes.				
DATOS GENERALES				
Campo				
Fecha: // ____				
Evaluador: _____				
Mes	ETc (m³/ha/mes)	Precipitación efectiva (m³/ha/mes)	Agua aplicada por riego (m³/ha/mes)	Balance hídrico (m³/ha/mes)
Enero				
Febrero				
Marzo				
Abril				
Mayo				
Junio				
Julio				
Agosto				
Observaciones:				

FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS N.° 05			
DIMENSIÓN 4: Infiltración			
OBJETIVO:			
Determinar la tasa de infiltración del agua en el suelo del cultivo de palto bajo riego por goteo autocompensado, expresada en milímetros por hora (mm/h).			
DATOS GENERALES			
Campo			
Fecha: // ____			
Evaluador: _____			
Punto de evaluación	Tiempo (min)	Lámina infiltrada (mm)	Tasa de infiltración (mm/h)
1			
2			
3			
4			
5			
6			
7			
8			
Observaciones:			

FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS N.º 06	
DIMENSIÓN 1 : Producción por hectárea	
OBJETIVO:	
Determinar el rendimiento del cultivo de palto bajo riego por goteo autocompensado, expresado en kilogramos por hectárea (kg/ha).	
DATOS GENERALES	
Campo	
Fecha: // ____	
Evaluador: _____	
Planta N°	Peso de frutos cosechados (kg)
1	
2	
3	
4	
5	
6	
7	
8	
Observaciones:	

FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS N.º 07			
DIMENSIÓN 2: Características fenotípicas del cultivo			
OBJETIVO:			
Evaluar las características fenotípicas del cultivo de palto mediante la medición del tamaño del fruto, peso del fruto y longitud foliar.			
DATOS GENERALES			
Campo			
Fecha: // ____			
Evaluador: _____			
Punto de evaluación	Tamaño del fruto (cm)	Peso del fruto (kg)	Longitud foliar (cm)
1			
2			
3			
4			
5			
6			
7			
8			
Observaciones:			

VALIDACIÓN DE CONTENIDO DE LA FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS

Estimado/a especialista:

Se le solicita evaluar la ficha de recolección de datos, que ayudará a validar para que sea usado en el trabajo de tesis: Efecto del riego por goteo Autocompensado en la producción de palto (*Persea americana*) variedades Hass y Fuerte en el Fundo Verde, distrito de Maranura, provincia de La Convención – 2021. Su juicio permitirá determinar la validez de contenido del instrumento. Por favor, valore cada ítem considerando los siguientes criterios y anote sus observaciones o sugerencias en el espacio correspondiente.

Criterio de evaluación	Descripción	Escala de valoración
Suficiencia	El ítem representa adecuadamente la dimensión a la que pertenece y es suficiente para medirla.	1 = De acuerdo 0 = En desacuerdo
Claridad	El ítem se comprende fácilmente, su redacción es precisa y sin ambigüedades.	1 = De acuerdo 0 = En desacuerdo
Coherencia	El ítem mantiene una relación lógica con el indicador y con la variable que pretende medir.	1 = De acuerdo 0 = En desacuerdo
Relevancia	El ítem es pertinente, esencial y necesario para medir el constructo.	1 = De acuerdo 0 = En desacuerdo

NOTA: Criterios adaptados de la propuesta de Escobar & Cuervo (2008). Escala de medición del instrumento: tipo ordinal (1 = nunca, 2 = a veces, 3 = siempre).



.....

Dr. CARLOS JESÚS BACA GARCÍA

VALIDACIÓN DE LOS INSTRUMENTOS POR ESPECIALISTA

Variables de Estudio	Dimensiones	Indicadores	SUFICIENCIA	CLARIDAD	COHERENCIA	RELEVANCIA
RIEGO POR GOTEO AUTOCOMPENSADO	Demanda Hídrica	Volumen de agua repuesta (necesidades netas (mm/día))	1	1	1	1
	Plan de diseño Agronómico	Indicación de dosis, frecuencia además lapsa de riego. Cantidad de emisores por planta. Caudal de emisor (l/s)	1	1	1	1
	CUC de riego	CUC de riego (%)	1	1	1	1
	Balaceo hídrico	Balaceo hídrico (m3/ha/mes)	1	1	1	1
	Infiltración	Tasa de infiltración (mm/h)	1	1	1	1
	Rendimiento	Producción por hectáreas (kg/ha).	1	1	1	1
PRODUCCIÓN AGRÍCOLA	Características fenotípicas de cultivo	Tamaño del fruto (cm). Peso del fruto (kg). Longitud foliar (cm).	1	1	1	1



. CARLOS JESÚS BACA GARCÍA ORCID. 0000-002-8284-0614

b.7 Validación del plan de Diseño Agronómico

CERTIFICADO DE VALIDACIÓN TÉCNICA DEL PLAN DE DISEÑO AGRONÓMICO

A QUIEN CORRESPONDA:

El que suscribe, **Dr. Carlos Jesús Baca García**, con registro ORCID N° 0000-0002-8284-0614, en calidad de Asesor de Tesis de Grado de Maestría, emite el presente documento de validación técnica a favor de la investigación desarrollada por el **Br. Michael Mamani Quispe**.

1. DATOS DE LA INVESTIGACIÓN:

- **Título de la Tesis:** "EFECTO DEL RIEGO POR GOTEJO AUTOCOMPENSADO EN LA PRODUCCION DE PALTO (*Persea americana*), VARIEDADES HASS Y FUERTE EN EL FUNDO VERDE, DISTRITO DE MARANURA, PROVINCIA DE LA CONVENCION - 2021"
- **Programa Académico:** Maestro en Ingeniería Civil mención Recursos Hídricos y Medioambiente.
- **Fecha Programada de Sustentación:** 24 de septiembre de 2025.

2. DECLARACIÓN DE VALIDACIÓN TÉCNICA: Habiendo realizado una auditoría exhaustiva a las memorias de cálculo agronómico, matrices operativas y modelamientos matemáticos presentados en la investigación referida, **CERTIFICO y VALIDO** formalmente el "Plan de Diseño Agronómico Propuesto".

Se deja constancia de que los criterios de ingeniería aplicados cumplen estrictamente con los estándares vigentes, fundamentándose en los siguientes parámetros críticos validados:

- **Consistencia de la Demanda Hídrica:** Se valida el cálculo de las necesidades netas mediante enfoque metodológico, identificando un pico máximo de ETo en el mes de octubre de **4.44 mm/día**. Para el dimensionamiento general se validó una ETo promedio de diseño de **3.95 mm/día**, que al interactuar con el coeficiente de cultivo ($K_c \text{ max} = 0.85$), resulta en una Evapotranspiración Real (ETc máx) de **3.36 mm/día**, garantizando que el cultivo jamás sufra estrés hídrico.
- **Parámetros Hidrodinámicos del Suelo:** Se certifica la exactitud matemática de los cálculos para un suelo Franco ($D_a = 1.35 \text{ gr/cm}^3$; $CC = 25.37\%$; $PMP = 12.51\%$). El Agua Utilizable calculada es de **86.81 mm**, con una Dosis Neta de Riego (Dn) de **43.40 mm**, parámetros que aseguran la capacidad óptima de almacenamiento del bulbo húmedo.
- **Eficiencia y Sostenibilidad Operativa:** Se ratifica que la propuesta de riego diario por goteo Autocompensado opera bajo un estándar de eficiencia de aplicación del **90%**. El sistema está hidrodinámicamente holgado, requiriendo una Necesidad Bruta (Nb) de solo **1.06 mm/ha/día**, un Tiempo de Riego por Turno de **0.36 horas**, y un Caudal Mínimo (Qmin) de **1.09 L/s**.
- **Impacto Hídrico Ambiental:** Se valida que la tecnificación del diseño, respaldada por la matriz paramétrica operando a un caudal de emisor de 29.50 L/h, reduce drásticamente el consumo respecto al sistema convencional, demostrando un uso eficiente y sostenible del recurso hídrico en el ecosistema del sector Mandor.

3. CONCLUSIÓN:

En virtud de lo expuesto y contrastado con las memorias de cálculo, el diseño agronómico propuesto es **TÉCNICAMENTE VIABLE, METODOLÓGICAMENTE CONSISTENTE Y CONFIABLE**, reuniendo todos los méritos científicos de ingeniería para su defensa y aprobación ante el jurado calificador.

Se expide el presente documento para los fines académicos y administrativos que el interesado estime convenientes.

Cusco, 20 de abril de 2026



Dr. Carlos Jesús Baca García

b.8 Validación de datos climáticos y factores hidro-agronómicos

CERTIFICADO DE VALIDACIÓN DE DATOS CLIMÁTICOS Y FACTORES HIDROAGRONÓMICOS

A QUIEN CORRESPONDA:

El que suscribe, Dr. Carlos Jesús Baca García, con registro ORCID N° 0000-0002-8284-0614, en calidad de Asesor de Tesis de Grado de Maestría, emite el presente documento de validación metodológica y técnica a favor de la investigación desarrollada por el Br. Michael Mamani Quispe, titulada: "EFECTO DEL RIEGO POR GOTEO AUTOCOMPENSADO EN LA PRODUCCIÓN DE PALTO (*Persea americana*), VARIEDADES HASS Y FUERTE EN EL FUNDO VERDE, DISTRITO DE MARANURA, PROVINCIA DE LA CONVENCIÓN - 2021".

DECLARACIÓN DE VALIDACIÓN: Habiendo realizado la auditoría metodológica correspondiente a las fuentes de información, equipos de medición y entidades certificadoras empleadas en la investigación, **CERTIFICO Y VALIDO** formalmente la idoneidad de los instrumentos y factores detallados a continuación:

1. Validación de Instrumentos Meteorológicos y Bases de Datos: Se certifica que, ante la necesidad de contar con series históricas robustas para el modelamiento de la Evapotranspiración (ET_o), los instrumentos de recopilación cumplen con los protocolos de validez científica:

- **Instrumento Nacional (Precipitación):** Se valida el uso de la base de datos oficial del Sistema Nacional de Información de Recursos Hídricos (SNIRH - ANA / SENAMHI), procesando una serie histórica de 28 años (1980-2021) de la Estación Meteorológica Quillabamba.
- **Instrumento Satelital (Variables Complementarias):** Se aprueba el uso de la plataforma científica NASA POWER (*Prediction of Worldwide Energy Resources*), con una serie histórica de 15 años para Temperatura, Humedad Relativa y Velocidad del Viento, asimilando datos de alta resolución bajo estándares internacionales.
- **Instrumento de Campo:** Se valida la operatividad y calibración del Tanque Evaporímetro Clase A, cuyos factores de corrección han sido contrastados con la ecuación Penman-Monteith (Software CROPWAT 8.0).

2. Validación de Factores Edafoclimáticos y Calidad de Agua: Se ratifica que los factores críticos del suelo (Textura Franca, Densidad Aparente, PMP, CC) y los parámetros físico-químicos del agua, utilizados en la memoria de cálculo, no son empíricos, sino que se encuentran respaldados y validados por los Informes de Análisis de Fertilidad y Caracterización emitidos por el Laboratorio de Análisis Químico, Físico de Suelos, Aguas y Plantas (Cusco), garantizando la fiabilidad del Diseño Agronómico.

3. Validación del Factor de Oferta Hídrica: Se certifica que el volumen de agua considerado para el balance hídrico cuenta con respaldo técnico-legal, validado a través de las resoluciones emitidas por la Autoridad Nacional del Agua: Resolución Directoral N° 381-2016-ANA/AAA XII.UV (Acreditación) y la Resolución Directoral N° 0780-2022-ANA-AAA.UV (Licencia de Uso de Agua).

En virtud de lo expuesto, los factores e instrumentos empleados son **METODOLÓGICAMENTE CONSISTENTES, CONFIABLES Y TRAZABLES**, cumpliendo con los estándares exigidos para el grado de Maestro en Ingeniería Civil mención Recursos Hídricos y Medioambiente.

Se expide el presente documento para los fines académicos que el interesado estime convenientes.

Cusco, 20 de abril de 2026



.....
Dr. Carlos Jesús Baca García

c. medios de verificación (panel fotográfico)

EFFECTO DEL RIEGO POR GOTEO AUTOCOMPENSADO EN LA PRODUCCIÓN DE PALTO (*Persea americana*), VARIEDADES HASS Y FUERTE EN EL FUNDO VERDE, DISTRITO DE MARANURA, PROVINCIA DE LA CONVENCIÓN - 2021.



Fotografía 14. Materiales para instalación de riego por goteo autocompensado



Fotografía 15. Armado de cabezal de riego



Fotografía 16. Puesta de válvula de aire para contrarrestar golpe de ariete y demás

EFFECTO DEL RIEGO POR GOTEO AUTOCOMPENSADO EN LA PRODUCCIÓN DE PALTO (*Persea americana*), VARIEDADES HASS Y FUERTE EN EL FUNDO VERDE, DISTRITO DE MARANURA, PROVINCIA DE LA CONVENCIÓN - 2021.



Fotografía 17. Dimensionamiento de porta laterales y medición de distanciamiento entre plantas



Fotografía 18. Medición de presión de agua con manómetro de glicerina



Fotografía 19.- se puede apreciar que tiene 6.9 bar de presión del hidrante en la parcela

EFFECTO DEL RIEGO POR GOTEO AUTOCOMPENSADO EN LA PRODUCCIÓN DE PALTO (*Persea americana*), VARIEDADES HASS Y FUERTE EN EL FUNDO VERDE, DISTRITO DE MARANURA, PROVINCIA DE LA CONVENCION - 2021.



Fotografía 20. Instalación de goteros auto compensantes al lateral de riego



Fotografía 21.- gotero de estudio autocompensado de 0-70 L/h



Fotografía 22. Instalación de matriz y porta lateral de riego al cultivo de palto

EFFECTO DEL RIEGO POR GOTEO AUTOCOMPENSADO EN LA PRODUCCIÓN DE PALTO (*Persea americana*), VARIEDADES HASS Y FUERTE EN EL FUNDO VERDE, DISTRITO DE MARANURA, PROVINCIA DE LA CONVENCION - 2021.



Fotografía 23. Instalación de porta laterales a la matriz principal



Fotografía 24. Mangueras de 16mm instaladas por los 2 extremos de la planta

EFFECTO DEL RIEGO POR GOTEO AUTOCOMPENSADO EN LA PRODUCCIÓN DE PALTO (*Persea americana*), VARIEDADES HASS Y FUERTE EN EL FUNDO VERDE, DISTRITO DE MARANURA, PROVINCIA DE LA CONVENCION - 2021.



Fotografía 25. Medición de caudal de riego en la parcela, dato relevante para determinar el balance hídrico para el cultivo de palto



Fotografía 26. Instalación de cabezal de riego con su respectiva válvula de aire, medidor de presión que servirá para el control de agua así mismo el filtro de anillos color rojo de 2pulgadas

EFFECTO DEL RIEGO POR GOTEO AUTOCOMPENSADO EN LA PRODUCCIÓN DE PALTO (*Persea americana*), VARIEDADES HASS Y FUERTE EN EL FUNDO VERDE, DISTRITO DE MARANURA, PROVINCIA DE LA CONVENCIÓN - 2021.



Fotografía 27. Lavado de filtro de riego, para el normal desempeño del sistema de riego.



Fotografía 28. Gotero autocompensado para planta de 3 años de edad

EFFECTO DEL RIEGO POR GOTEO AUTOCOMPENSADO EN LA PRODUCCIÓN DE PALTO (*Persea americana*), VARIEDADES HASS Y FUERTE EN EL FUNDO VERDE, DISTRITO DE MARANURA, PROVINCIA DE LA CONVENCIÓN - 2021.



Fotografía 29. Área mojada con el emisor autocompensado



Fotografía 30. Área mojada por el emisor autocompensado

EFFECTO DEL RIEGO POR GOTEO AUTOCOMPENSADO EN LA PRODUCCIÓN DE PALTO (*Persea americana*), VARIEDADES HASS Y FUERTE EN EL FUNDO VERDE, DISTRITO DE MARANURA, PROVINCIA DE LA CONVENCIÓN - 2021.



Fotografía 31. Toma muestra para análisis de agua



Fotografía 32. Toma muestra para análisis de agua

EFFECTO DEL RIEGO POR GOTEO AUTOCOMPENSADO EN LA PRODUCCIÓN DE PALTO (*Persea americana*), VARIEDADES HASS Y FUERTE EN EL FUNDO VERDE, DISTRITO DE MARANURA, PROVINCIA DE LA CONVENCIÓN - 2021.



Fotografía 33. Toma de muestra para estudio físico-químico del suelo



Fotografía 34. toma de muestra para estudio físico-mecánico del suelo

EFFECTO DEL RIEGO POR GOTEO AUTOCOMPENSADO EN LA PRODUCCIÓN DE PALTO (*Persea americana*), VARIEDADES HASS Y FUERTE EN EL FUNDO VERDE, DISTRITO DE MARANURA, PROVINCIA DE LA CONVENCION - 2021.



Fotografía 35. Instalación de tanque evaporímetro clase A. servirá para indicar ETo (evapotranspiración en mm), dato de apoyo en el manejo del buen riego



Fotografía 36. Toma de datos sobre la ETo (mm, evapotranspiración)

EFFECTO DEL RIEGO POR GOTEO AUTOCOMPENSADO EN LA PRODUCCIÓN DE PALTO (*Persea americana*), VARIEDADES HASS Y FUERTE EN EL FUNDO VERDE, DISTRITO DE MARANURA, PROVINCIA DE LA CONVENCION - 2021.



Fotografía 37. Tanque evaporímetro clase A, en parcela de investigación



Fotografía 38. Lectura de tanque evaporímetro clase A con 8.37mm que evaporo en el día

EFFECTO DEL RIEGO POR GOTEO AUTOCOMPENSADO EN LA PRODUCCIÓN DE PALTO (*Persea americana*), VARIEDADES HASS Y FUERTE EN EL FUNDO VERDE, DISTRITO DE MARANURA, PROVINCIA DE LA CONVENCIÓN - 2021.



Fotografía 39. Preparación de plan de fertilización para el cultivo de palto



Fotografía 40. Mezcla de fertilizantes para la aplicación al cultivo de palto

EFFECTO DEL RIEGO POR GOTEO AUTOCOMPENSADO EN LA PRODUCCIÓN DE PALTO (*Persea americana*), VARIEDADES HASS Y FUERTE EN EL FUNDO VERDE, DISTRITO DE MARANURA, PROVINCIA DE LA CONVENCION - 2021.



Fotografía 41. Aplicación de fertilizante al cultivo de palto



Fotografía 42. Correcta aplicación de fertilizante para el cultivo de palto

EFFECTO DEL RIEGO POR GOTEO AUTOCOMPENSADO EN LA PRODUCCIÓN DE PALTO (*Persea americana*), VARIEDADES HASS Y FUERTE EN EL FUNDO VERDE, DISTRITO DE MARANURA, PROVINCIA DE LA CONVENCIÓN - 2021.



Fotografía 43. Medición de infiltración de agua al suelo en la parcela de investigación



Fotografía 44. Infiltrómetro de doble anillo

EFFECTO DEL RIEGO POR GOTEO AUTOCOMPENSADO EN LA PRODUCCIÓN DE PALTO (*Persea americana*), VARIEDADES HASS Y FUERTE EN EL FUNDO VERDE, DISTRITO DE MARANURA, PROVINCIA DE LA CONVENCION - 2021.



Fotografía 45. Se puede apreciar a medida que transcurre el tiempo va infiltrando agua al suelo



Fotografía 46. Lectura de la infiltración, teniendo en este caso 380ml de agua infiltrada al suelo

EFFECTO DEL RIEGO POR GOTEO AUTOCOMPENSADO EN LA PRODUCCIÓN DE PALTO (*Persea americana*), VARIEDADES HASS Y FUERTE EN EL FUNDO VERDE, DISTRITO DE MARANURA, PROVINCIA DE LA CONVENCION - 2021.

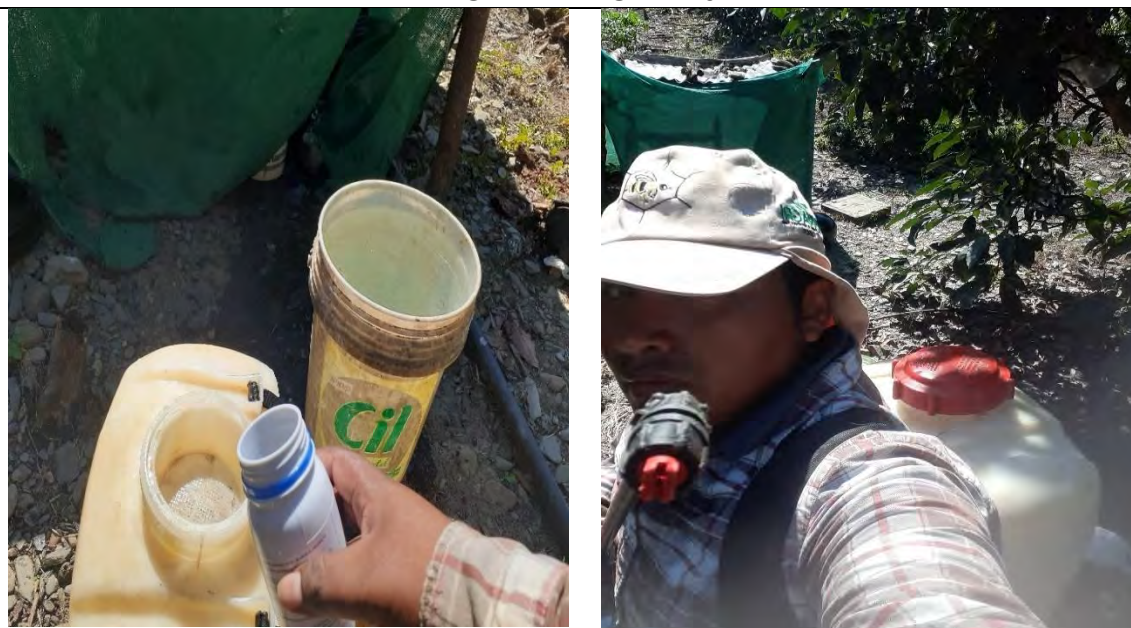


Fotografía 47. presencia de minador en hojas a la derecha Lasiodiplodia sp y falta fumagina



Fotografía 48. Control químico con el producto abamectina con regulados de ph

EFFECTO DEL RIEGO POR GOTEO AUTOCOMPENSADO EN LA PRODUCCIÓN DE PALTO (*Persea americana*), VARIEDADES HASS Y FUERTE EN EL FUNDO VERDE, DISTRITO DE MARANURA, PROVINCIA DE LA CONVENCION - 2021.



Fotografía 49. Preparación de abamectina con sulfato de cobre



Fotografía 50. Aplicación del 'producto para contrarrestar falsa fumagina, antracnosis y araña roja

EFFECTO DEL RIEGO POR GOTEO AUTOCOMPENSADO EN LA PRODUCCIÓN DE PALTO (*Persea americana*), VARIEDADES HASS Y FUERTE EN EL FUNDO VERDE, DISTRITO DE MARANURA, PROVINCIA DE LA CONVENCION - 2021.



Fotografía 51. Manejo de poda de sanidad y poda de mantenimiento



Fotografía 52. Resultado de poda, mejor aireación para obtener una mejor producción

EFFECTO DEL RIEGO POR GOTEO AUTOCOMPENSADO EN LA PRODUCCIÓN DE PALTO (*Persea americana*), VARIEDADES HASS Y FUERTE EN EL FUNDO VERDE, DISTRITO DE MARANURA, PROVINCIA DE LA CONVENCIÓN - 2021.



Fotografía 53. Pruebas de uniformidad al sistema de riego



Fotografía 54. Parcela de investigación realizando uniformidad de distribución de agua

EFFECTO DEL RIEGO POR GOTEO AUTOCOMPENSADO EN LA PRODUCCIÓN DE PALTO (*Persea americana*), VARIEDADES HASS Y FUERTE EN EL FUNDO VERDE, DISTRITO DE MARANURA, PROVINCIA DE LA CONVENCION - 2021.



Fotografía 55. Parcela de investigación, plantas tratadas y con buen manejo de riego tecnificado



Fotografía 56. Parcela de investigación, plantas vigorosas y sin daño alguno

EFFECTO DEL RIEGO POR GOTEIO AUTOCOMPENSADO EN LA PRODUCCIÓN DE PALTO (*Persea americana*), VARIEDADES HASS Y FUERTE EN EL FUNDO VERDE, DISTRITO DE MARANURA, PROVINCIA DE LA CONVENCION - 2021.



Fotografía 57. Plantas vigorosas en fase fenológica de floración



Fotografía 58. Floración de plantas de palto y apreciando los máximos polinizadores la abeja

EFFECTO DEL RIEGO POR GOTEO AUTOCOMPENSADO EN LA PRODUCCIÓN DE PALTO (*Persea americana*), VARIEDADES HASS Y FUERTE EN EL FUNDO VERDE, DISTRITO DE MARANURA, PROVINCIA DE LA CONVENCION - 2021.



Fotografía 59. Plantas vigorosas en fase de floración y cuajado de fruto



Fotografía 60. Plantas vigorosas en etapa de floración y cuajado de fruto

EFFECTO DEL RIEGO POR GOTEO AUTOCOMPENSADO EN LA PRODUCCIÓN DE PALTO (*Persea americana*), VARIEDADES HASS Y FUERTE EN EL FUNDO VERDE, DISTRITO DE MARANURA, PROVINCIA DE LA CONVENCION - 2021.



Fotografía 61. Plantas ya entrando en producción



Fotografía 62. Plantas en fase de fenológica de llenado de fruto variedad hass

EFFECTO DEL RIEGO POR GOTEIO AUTOCOMPENSADO EN LA PRODUCCIÓN DE PALTO (*Persea americana*), VARIEDADES HASS Y FUERTE EN EL FUNDO VERDE, DISTRITO DE MARANURA, PROVINCIA DE LA CONVENCION - 2021.



Fotografía 63. Plantas en estado fenológico de llenado de fruto y/o maduración del fruto



Fotografía 64. Plantas en estado fenológico de llenado de fruto y/o maduración del fruto

EFFECTO DEL RIEGO POR GOTEIO AUTOCOMPENSADO EN LA PRODUCCIÓN DE PALTO (*Persea americana*), VARIEDADES HASS Y FUERTE EN EL FUNDO VERDE, DISTRITO DE MARANURA, PROVINCIA DE LA CONVENCION - 2021.



Fotografía 65. Plantas con fruto listo para la cosecha, variedad hass, libres de enfermedad



Fotografía 66. Medición de frutos obtenidos, variedad Fuerte 14cm de altura.

EFFECTO DEL RIEGO POR GOTEO AUTOCOMPENSADO EN LA PRODUCCIÓN DE PALTO (*Persea americana*), VARIEDADES HASS Y FUERTE EN EL FUNDO VERDE, DISTRITO DE MARANURA, PROVINCIA DE LA CONVENCIÓN - 2021.



Fotografía 67. Hojas sanas y bien nutridas 16cm largo y ancho 10cm



Fotografía 68. Monitoreo de la plantación de palto en excelente estado y manejo

EFFECTO DEL RIEGO POR GOTEIO AUTOCOMPENSADO EN LA PRODUCCIÓN DE PALTO (*Persea americana*), VARIEDADES HASS Y FUERTE EN EL FUNDO VERDE, DISTRITO DE MARANURA, PROVINCIA DE LA CONVENCIÓN - 2021.



Fotografía 69. Plantas con fruto listo para la cosecha, variedad hass



Fotografía 70. Cosecha de frutos variedad hass

EFFECTO DEL RIEGO POR GOTEO AUTOCOMPENSADO EN LA PRODUCCIÓN DE PALTO (*Persea americana*), VARIEDADES HASS Y FUERTE EN EL FUNDO VERDE, DISTRITO DE MARANURA, PROVINCIA DE LA CONVENCIÓN - 2021.



Fotografía 71. Cosecha de palta variedad hass y fuerte



Fotografía 72. Cosecha y selección de fruta en base a calibre.

