

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE LOS ANDES
FACULTAD DE INGENIERÍA
Escuela Profesional de Agronomía



TESIS

“ESTIMACIÓN DE LA HUELLA HÍDRICA DEL CULTIVO DE PALTO (*Persea americana* Mill.) EN EL DISTRITO DE ABANCAY – 2020”.

Presentado por

OLGA AYALA ANDIA

Para optar el Título Profesional de

INGENIERO AGRÓNOMO

Abancay – Apurímac - Perú

2021

Tesis

“Estimación de la huella hídrica del cultivo de palto (*Persea americana* Mill.) en el distrito de Abancay – 2020”.

Línea de investigación:

Agricultura y Ambiente

Asesor:

Dr. Francisco Medina Raya.



UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE LOS ANDES
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE AGRONOMÍA

**“ESTIMACIÓN DE LA HUELLA HÍDRICA DEL CULTIVO DE PALTO
(*Persea americana* Mill.) EN EL DISTRITO DE ABANCAY – 2020”.**

Presentado por: **OLGA AYALA ANDIA** para optar el Título Profesional de:
INGENIERO AGRÓNOMO.

Sustentado y aprobado el 23 de diciembre del 2021 ante el jurado:

Presidente: Mag. Braulio Perez Campana.

Primer miembro: M.Sc. Juan Alarcón Camacho.

Segundo miembro: Mag. Haydee Carrasco Ustua.

Asesor: Dr. Francisco Medina Raya.

DEDICATORIA

A Dios por darme salud, y por permitirme llegar hasta este momento tan ansiado de mi vida a pesar las adversidades que pase.

A mi Reyna por ser el pilar más importante de mi vida Dolores Andia Miranda por el amor y apoyo incondicional en el recorrido de mi vida, eres el digno ejemplo a seguir mujer guerrera, mujer forjadora, por guiarme por el buen camino y darme fuerzas para seguir sin perder la dignidad ni desfallecer en el intento.

A mi hijo Frank Anthony Perez Ayala por ser el motor y motivo de mi perseverancia, así mismo a mis hermanos y pareja por su apoyo.

A mi padre José Eustaquio Ayala Torvisco (+) durante mi largo oscuro invierno fuiste y eres la luz y mi ángel que guía mi camino, mi amado padre vive en mi memoria.

OLGA.

AGRADECIMIENTOS

A la Facultad de Ingeniería, Escuela Profesional de Agronomía de la Universidad Tecnológica de los Andes.

Agradezco a mi asesor de Tesis Dr. Francisco Medina Raya, a quien hago mi reconocimiento sincero por brindarme su valioso conocimiento, sugerencias y correcciones incondicionalmente.

A los docentes de la escuela profesional de agronomía Mg. Sc. Juan Alarcón Camacho, Ing. Jaher Alejandro Menacho Morales, Dr. Ely Jesús Acosta Valer, Ing. Rosa Marrufo Montoya, Mg Sc. Sandra.C. Caballero Ramírez, Mg. Braulio Pérez Campana, Dr. Edward Aróstegui León, Lic. Franklin Yanqui Díaz, Mag. Haydee Carrasco Ustua, Mg. Lucio Martínez Carrasco, Ing. Waldir Pimentel Maldonado, Ing. Luis Oscco Aldazabal, Ing. Gil Mario Rafeale

Agradezco a un gran amigo Ing. Freddy A. Carrizales Vilchez por su gran apoyo, sugerencias y consejos de manera desinteresada para el cumplimiento de los objetivos en esta investigación.

Mi agradecimiento a los presidentes y su juntas directivas y productores del cultivo de palta de las diferentes comunidades de intervención en esta investigación de tesis por haberme abierto las puertas de su noble hogar, reitero mis agradecimientos infinitos a cada uno por ser parte de mis mayores anhelos.

OLGA.

INDICE DE CONTENIDO

PORTADA.....	i
POSPORTADA.....	ii
PÁGINAS PRELIMINARES	
PÁGINA DE JURADOS	iii
DEDICATORIA.....	iv
AGRADECIMIENTOS	v
INDICE DE CONTENIDO	vi
ÍNDICE DE TABLAS	ix
ÍNDICE DE FIGURAS	x
RESUMEN.....	xiii
ABSTRACT.....	xiv
INTRODUCCIÓN	xv

CAPITULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1 OBJETIVOS.....	2
1.1.1 Objetivo general.....	2
1.1.2 Objetivos específicos.....	2
1.2 JUSTIFICACIÓN.....	2
1.3 HIPÓTESIS.....	3

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN	4
2.1.1 A nivel internacional.....	4
2.1.1 A nivel nacional.....	5
2.2 BASES TEÓRICAS	7
2.2.1 Huella hídrica.....	7

2.2.2	Huella hídrica verde.....	8
2.2.3	Huella hídrica azul.....	8
2.2.4	Huella hídrica gris.....	9
2.1.1.	Aplicaciones de la huella hídrica.....	10
2.2.5	Huella hídrica en el Perú.....	10
2.2.	MARCO CONCEPTUAL.....	12
2.2.1.	Evapotranspiración potencial.....	12
2.2.2.	Uso de fertilizantes en la agricultura.....	13
2.2.3.	Producto grillado PISCO.....	14
2.2.4.	Cultivo de palto.....	15

CAPITULO III

MATERIALES Y METODOLOGÍA

3.1	UBICACIÓN.....	21
3.1.1	Ubicación geográfica.....	21
3.1.2	Ubicación hidrográfica.....	21
3.1.3	Características de las localidades en estudio.....	21
3.2	MATERIALES.....	22
3.2.1	Material biológico.....	22
3.2.2	Materiales de campo.....	23
3.2.3	Materiales de gabinete.....	23
3.3	METODOLOGÍA.....	24
3.3.1	Tipo de investigación.....	24
3.3.2	Nivel de investigación.....	24
3.3.3	Alcance de la investigación.....	24
3.3.4	Diseño de la investigación.....	24
3.3.5	Variables.....	25
3.3.6	Población.....	26

3.3.7	Estimación de la Muestra	26
3.3.8	Técnica e instrumentos para la recolección de datos	27
3.3.9	Procedimiento de la información.....	27

CAPITULO IV

RESULTADOS Y DISCUCIONES

4.1	Huella hídrica verde	41
4.2	Huella hídrica azul.....	42
4.3	Huella hídrica gris	44
	CONCLUSIONES	53
	RECOMENDACIONES.....	54
	BIBLIOGRAFÍA	55
	ANEXOS.....	58
A.0	Parámetros de la huella hídrica	59
A.1	Panel fotográfico	69
A.2	Mapa de ubicación del ámbito de estudio.....	73
A.3	Clasificación climática de la micro cuenca Mariño.	74
A.4	Zonas de vida en la micro cuenca Mariño.....	75
A.5	Mapa de precipitaciones.....	76
A.6	Mapas de evapotranspiración referencial.....	88
A.7	Mapas de ubicación de las parcelas.....	100
A.8	Ámbito de influencia de las estaciones sintéticas generadas.	101
A.9	Registros meteorológicos.	102
A.10	Ficha de entrevista.....	114
A.11	Matriz de operacionalización de variables.	115
A.12	Lista de productores	116

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Matriz de operacionalización de variables.....	26
Tabla 2. Distribución teórica de probabilidad para pluviometría.....	30
Tabla 3. Distribución teórica de probabilidad para evapotranspiración potencial.	30
Tabla 4. Distribución teórica de probabilidad para temperatura promedio.	31
Tabla 5. Huella hídrica verde PISCO – 2.	42
Tabla 6. Huella hídrica verde PISCO – 4.	42
Tabla 7. Huella hídrica azul PISCO – 2.....	43
Tabla 8. Huella hídrica azul PISCO – 4.....	43
Tabla 9. Contenido de nutrientes YaraMila COMPLEX.....	44
Tabla 10. Cantidad de fertilizantes aplicados en la producción de palto variedad Hass.	45
Tabla 11. Cantidad de fertilizantes por fracción de lixiviación.	45
Tabla 12. Límites máximos permisibles en cuerpos de agua.....	46
Tabla 13. Concentración natural de contaminantes en el cuerpo de agua río Mariño.	46
Tabla 14. Diferencia de concentración máxima y natural de contaminantes.....	46
Tabla 15. Huella hídrica gris para el sulfato PISCO – 2.	47
Tabla 16. Huella hídrica gris para el nitrógeno PISCO – 2.....	47
Tabla 17. Huella hídrica gris para el sulfato PISCO – 4.	48
Tabla 18. Huella hídrica gris para el nitrógeno PISCO – 4.....	48

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Variación de la precipitación mensual PISCO – 1.....	33
Figura 2. Variación de la precipitación mensual PISCO – 2.....	33
Figura 3. Variación de la precipitación mensual PISCO – 3.....	34
Figura 4. Variación de la precipitación mensual PISCO – 4.....	34
Figura 5. Variación de la evapotranspiración de referencia mensual PISCO – 1.	35
Figura 6. Variación de la evapotranspiración de referencia mensual PISCO – 2.	35
Figura 7. Variación de la evapotranspiración de referencia mensual PISCO – 3.	36
Figura 8. Variación de la evapotranspiración de referencia mensual PISCO – 4.	36
Figura 9. Variación de la temperatura promedio mensual PISCO – 1.....	37
Figura 10. Variación de la temperatura promedio mensual PISCO – 2.....	38
Figura 11. Variación de la temperatura promedio mensual PISCO – 3.....	38
Figura 12. Variación de la temperatura promedio mensual PISCO – 4.....	39
Figura 13. Flujo grama del cálculo de la huella hídrica en la micro cuenca Mariño.	40
Figura 14. Huella hídrica por sector.	49
Figura 15. Huella hídrica parcial por sector.	49
Figura 16. Palto variedad Hass en plena producción.	69
Figura 17. Evaluación de distanciamiento en palto variedad Hass.	69
Figura 18. Conteo de frutos palto variedad Hass.	70
Figura 19. Verificación de la carga de frutos.	70
Figura 20. Verificación del cuajado masivo de frutos variedad Hass.	71
Figura 21. Formación del fruto.	71
Figura 22. Socialización al productor sobre el manejo de cultivo de palta.	72
Figura 23. Entrevista con productores de palto variedad Hass.	72
Figura 24. Mapa de ubicación de la zona de estudio.	73
Figura 25. Mapa de clasificación climática de la micro cuenca Mariño.	74
Figura 26. Mapa de zonas de vida en la micro cuenca Mariño	75
Figura 27. Mapa de precipitación media del mes de enero en la micro cuenca Mariño.	76
Figura 28. Mapa de precipitación media del mes de febrero en la micro cuenca Mariño.	77

Figura 29. Mapa de precipitación media del mes de marzo en la micro cuenca Mariño.	78
Figura 30. Mapa de precipitación media del mes de abril en la micro cuenca Mariño.	79
Figura 31. Mapa de precipitación media del mes de mayo en la micro cuenca Mariño.	80
Figura 32. Mapa de precipitación media del mes de junio en la micro cuenca Mariño.	81
Figura 33. Mapa de precipitación media del mes de julio en la micro cuenca Mariño.	82
Figura 34. Mapa de precipitación media del mes de agosto en la micro cuenca Mariño.	83
Figura 35. Mapa de precipitación media del mes de setiembre en la micro cuenca Mariño.	84
Figura 36. Mapa de precipitación media del mes de octubre en la micro cuenca Mariño.	85
Figura 37. Mapa de precipitación media del mes de noviembre en la micro cuenca Mariño.	86
Figura 38. Mapa de precipitación media del mes de diciembre en la micro cuenca Mariño.	87
Figura 39. Mapa de evapotranspiración media del mes de enero en la micro cuenca Mariño.....	88
Figura 40. Mapa de evapotranspiración media del mes de febrero en la micro cuenca Mariño.....	89
Figura 41. Mapa de evapotranspiración media del mes de marzo en la micro cuenca Mariño.....	90
Figura 42. Mapa de evapotranspiración media del mes de abril en la micro cuenca Mariño.	91
Figura 43. Mapa de evapotranspiración media del mes de mayo en la micro cuenca Mariño.....	92
Figura 44. Mapa de evapotranspiración media del mes de junio en la micro cuenca Mariño.....	93
Figura 45. Mapa de evapotranspiración media del mes de julio en la micro cuenca Mariño.	94

Figura 46. Mapa de evapotranspiración media del mes de agosto en la micro cuenca Mariño.....	95
Figura 47. Mapa de evapotranspiración media del mes de setiembre en la micro cuenca Mariño.....	96
Figura 48. Mapa de evapotranspiración media del mes de octubre en la micro cuenca Mariño.....	97
Figura 49. Mapa de evapotranspiración media del mes de noviembre en la micro cuenca Mariño.....	98
Figura 50. Mapa de evapotranspiración media del mes de diciembre en la micro cuenca Mariño.....	99
Figura 51. Mapa de ubicación de las parcelas productoras de palto en la micro cuenca Mariño.....	101
Figura 52. Ámbito de influencia de las estaciones sintéticas generadas.....	101
Figura 53. Precipitación sector – PISCO 1.....	102
Figura 54. Precipitación sector – PISCO 2.....	103
Figura 55. Precipitación sector – PISCO 3.....	104
Figura 56. Precipitación sector – PISCO 4.....	105
Figura 57. Temperatura promedio sector – PISCO 1.....	106
Figura 58. Temperatura promedio sector – PISCO 2.....	107
Figura 59. Temperatura promedio sector – PISCO 3.....	108
Figura 60. Temperatura promedio sector – PISCO 4.....	109
Figura 61. Evapotranspiración de referencia – PISCO 1.....	110
Figura 62. Evapotranspiración de referencia – PISCO 2.....	111
Figura 63. Evapotranspiración de referencia – PISCO 3.....	112
Figura 64. Evapotranspiración de referencia – PISCO 4.....	113

RESUMEN

La presente investigación tuvo como objetivo general la estimación de la huella hídrica del cultivo de palto (*Persea americana* Mill.) en el distrito de Abancay. Esta investigación corresponde al tipo aplicada, en donde se entrevistaron a 75 productores empleando para ello una ficha de campo donde se recabó información sobre estadísticas de producción, insumos empleados, edad del cultivo y extensión de la unidad productiva. La estimación de la huella hídrica se analizó para una superficie de 35.15 hectáreas ubicadas en las localidades de Imponeda, Quitasol, Valle del Pachachaca, Trujipata y San Gabriel considerando información de campo además de gabinete para las variables climáticas.

La metodología empleada para la estimación de la huella hídrica en el cultivo de palto variedad Hass fue la propuesta en el Manual de la Huella Hídrica definidos por Hoekstra para el proceso de crecimiento de un determinado cultivo agrícola. Para la obtención de la información climática se usó el producto grillado PISCO y el Software CROPWAT v.8.0 para estimar los requerimientos de riego del cultivo de palto.

El resultado de estimar la huella hídrica verde fue de 1899.277 m³/t, mientras que el valor de la huella hídrica azul es de 1160.674 m³/t y por último la huella hídrica gris alcanzó un valor de 97.726 m³/t. Estos resultados permiten concluir que el cultivo de palto depende más del agua almacenada que es usada para fines de riego en vista que estos riegos se realizan en los meses de estiaje.

Palabras clave: Huella hídrica, cultivo de palto.

ABSTRACT

The general objective of this research was to estimate the Avocado's water footprint cultivation (*Persea americana Mill.*) in the district of Abancay. This research corresponds to the applied type, where 75 producers were interviewed using a field form where information was collected on production statistics, inputs used, age of the crop and extension of the production unit. The estimation of the water footprint was analyzed for an area of 35.15 hectares located in the localities of Imponeda, Quitasol, Valle del Pachachaca, Trujipata and San Gabriel, considering field information as well as information from the office for climatic variables.

The methodology used to calculate the water footprint in the Hass avocado crop was the one proposed in the Water Footprint Manual defined by Hoekstra for the growth process of a given agricultural crop.

To obtain the climatic information, the PISCO gridded product and the CROPWAT v.8.0 software were used to estimate the irrigation requirements of the avocado crop.

The result of estimating the green water footprint was 1899.277 m³/t, while the value of the blue water footprint is 1160.674 m³/t and finally the grey water footprint reached a value of 97.726 m³/t. These results allow concluding that the avocado crop depends more on the stored water that is used for irrigation purposes because these irrigations are carried out in the low water months.

Keywords: water footprint, avocado crop.

INTRODUCCIÓN

En la agricultura es usual encontrarnos con prácticas ineficientes sobre el uso del agua, por ejemplo, el riego por gravedad y para revertir esta situación resulta imprescindible tomar decisiones que aborden de manera estratégica el manejo del recurso hídrico. Es importante señalar que el uso del agua en la producción agrícola genera preocupación sobre la disponibilidad de este recurso porque la falta de este recurso repercute en el desarrollo de los cultivos, en ese sentido, se evidencia que la tendencia hoy en día es asegurar la continuidad y calidad del agua por lo que resulta necesario desarrollar indicadores de sostenibilidad que permitan cuantificar el estado de los sistemas productivos en relación al consumo de agua.

Hoy en día, se vive un contexto de incertidumbre y riesgo que tienen que ver directamente con la presencia de lluvias, la gestión de los recursos hídricos adquiere cada vez mayor importancia, haciendo además necesario intensificar investigaciones que compatibilicen productividad y sustentabilidad. En ese sentido, la huella hídrica resulta una herramienta fundamental que permite generar información acerca del volumen total de agua dulce (ríos, riachuelos, manantes, entre otros) consumido por las actividades agrícolas, para nuestro estudio el cultivo de palto primero porque es una de las primeras fuentes de mayor ingreso económico de muchas familias productoras y segundo por ser el más promovido por las instancias vinculadas al sector agrícola, por lo que se espera con los resultados obtenidos en esta investigación se puedan en el mediano plazo promover y desarrollar estrategias para el manejo integral del agua.

CAPITULO I
PLANTEAMIENTO DEL
PROBLEMA

En el distrito de Abancay se ha evidenciado que no hay una cifra estadística clara de cuánta agua actualmente se destina en la producción del palto cultivar Hass teniendo en cuenta la oferta hídrica existente en la micro cuenca de Abancay, en ese sentido, los organismos competentes del sector agrario local no cuentan con información sobre la cantidad de agua que actualmente vienen demandando este cultivo en el distrito lo cual imposibilita realizar una gestión eficaz de los recursos hídricos en el marco de sus competencias. En consecuencia, estas acciones de no cuantificar la cantidad de agua consumida no permite garantizar la sostenibilidad de la producción del palto y más aún conocer de futuros impactos sobre el agua dulce y su disponibilidad; en ese sentido, la falta de un indicador ambiental que permita saber la cantidad de agua que consume el cultivo de palto y si este se encuentran dentro de un marco sostenibilidad resulta importante para realizar una gestión adecuada del agua que no genere la alteración en la convivencia de usos y formas racionales de los medios y modos de vida desde enfoques ambientales, sociales y económicos.

Ante esta situación crítica cabe la interrogante, ¿Cuál es la estimación de la huella hídrica del cultivo de palto en el distrito de Abancay?

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 Objetivo general

Realizar la estimación la huella hídrica del cultivo de palto (*Persea americana* Mill.) en el distrito de Abancay.

1.1.2 Objetivos específicos

- Determinar la huella hídrica verde en la producción del cultivo de palto (*Persea americana* Mill).
- Determinar la huella hídrica azul en la producción de palto (*Persea americana* Mill).
- Determinar la huella hídrica gris en la producción de palto (*Persea americana* Mill).

1.2 JUSTIFICACIÓN

Desde el aspecto **social**, esta investigación con los resultados obtenidos las instituciones gubernamentales y no gubernamentales orientaran sus esfuerzos en la formulación de estrategias para la adopción de tecnologías referentes a la asignación eficiente del agua en las organizaciones de agricultores, hacia un uso más sostenible del agua y si fuera necesario, lograr una disminución en dicho gasto.

Esta investigación se justifica desde el aspecto **económico** porque al adoptar medidas correctivas que permitan una aplicación más eficiente del agua en sus cultivos de palto permitirá cubrir sus necesidades hídricas en el momento oportuno y en la cantidad deseada disminuyendo el gasto energético de la planta lo cual se traduce en la obtención de mejores cosechas tanto en cantidad como en calidad de los frutos y por tanto en mejores ingresos **económicos**. Además, al tecnificar el uso del agua podrán

ampliar la frontera agrícola con más cultivo de palto empleando la cantidad de agua con la que inicialmente contaban para regar sus áreas agrícolas.

Desde el punto de vista **ambiental**, los resultados obtenidos de la estimación de huella hídrica representan un indicador del estado actual del uso del agua en la producción de paltos variedad Hass. Este indicador podrá ser empleado en el diseño de estudios de balance hídricos y de la formulación de políticas agrarias permitan mitigar los efectos del cambio climático mediante la gestión responsable del uso del agua en la micro cuenca Mariño.

En consecuencia, tener conocimiento sobre la huella hídrica de un proceso agrícola es una ventaja principalmente para las organizaciones agrícolas porque se traduce en eficiencia en los procesos productivos, ahorro del agua y la posibilidad de ampliar la frontera agrícola con miras de ingresos a nuevos nichos de mercado.

1.3 HIPÓTESIS

Al realizar la estimación de la huella hídrica del cultivo de palto (*Persea americana* Mill.) en el distrito de Abancay se contará con un indicador base que posibilita la sostenibilidad de las organizaciones agrícolas a nivel espacial en relación al uso del agua.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

2.1.1 A nivel internacional

Palacios y Pinzón (2019), realizaron un estudio sobre la “determinación de la huella hídrica en el cultivo de palma de aceite en la empresa Guaicaramo S.A. localizada en Barranca de Upia, Meta siendo el objetivo evaluar los diferentes componentes de la huella hídrica para contabilizar el agua consumida directa o indirectamente por el cultivo. En cuanto a la metodología se hizo uso del manual de Hoekstra y el uso del software Cropwat 8.0 reportando valores de 19.61 m³/t, 8.40 m³/t y 11.64 m³/t para la huella hídrica verde, huella hídrica azul y huella hídrica gris respectivamente; concluyendo que este estudio permitió identificar los riesgos potenciales en el consumo de agua para la toma de mejores decisiones sobre cómo manejar el recurso hídrico y gestionar procesos productivos más eficientes y sostenibles en la empresa Guaicaramo S.A.

Novoa (2016), llevó a cabo un estudio que tuvo por objetivo realizar la evaluación del consumo y sostenibilidad de la huella hídrica en la cuenca del río Cachapoal. Para cumplir su objetivo dividió la cuenca en tres secciones: alta, media y baja. Utilizó como indicadores la huella hídrica verde y la huella hídrica azul y la huella hídrica gris. De los resultados alcanzados se

determinó que el cultivo de palto tuvo una huella hídrica verde de 156 m³/t, una huella hídrica azul de 1035 m³/t y una huella hídrica gris de 285 m³/t. En ese sentido como conclusión señala que indicadores como la huella hídrica, permite caracterizar geográfica y temporalmente la sostenibilidad hídrica de una cuenca, lo cual resulta importante porque sirve como medio de sensibilización, valorización y gestión del uso eficiente del agua.

Ovalle (2012), realizó un estudio sobre la cuantificación de huella hídrica en Chile teniendo como objetivo estimar la huella hídrica de cuatro cultivos con potencial bioenergético: palto, olivo, ricino y jojoba en la región de Coquimbo. Como metodología uso la propuesta por la Water Footprint Network (WFN), Sus resultados indicaron que el cultivo de olivo tuvo la menor huella hídrica verde y azul, mientras que el cultivo de ricino tuvo la mayor. En cuanto a la huella hídrica gris, el cultivo de olivo tuvo el menor valor mientras que el cultivo de jojoba el mayor; a nivel de huella hídrica total el cultivo de olivo tiene el menor valor de 577 m³/t/año y ricino el mayor con 12.629 m³/t/año. Como conclusión indica que el uso de la metodología seleccionada es accesible dentro de la realidad nacional, en ese sentido, su uso debe realizarse sin modificaciones.

2.1.1 A nivel nacional

Se realizó un estudio conducido por **López (2019)**, denominado “Metodología para la determinación de la huella hídrica del cultivo de papa empleando riego por goteo, en la UNALM” cuyo objetivo principal fue determinar la huella hídrica del cultivo de papa de la variedad UNICA; la metodología del estudio fue considerando dos tratamiento de riego, el tratamiento testigo (T) y el tratamiento deficitario (RP) en un diseño

experimental completamente aleatorizado. También se empleó el software AquaCrop para el modelado del cultivo de papa, y fue calibrado con los parámetros de cobertura de dosel (CC), biomasa total (MST) y rendimiento (Y), como resultado del tratamiento testigo (T) y luego se validó el modelo con la información obtenida en el tratamiento deficitario (RP). Estadísticamente el resultado indica que la cobertura de dosel y biomasa total no presentan diferencia alguna entre ambos tratamientos, en cuanto al rendimiento arroja los siguientes valores de 65 t/ha y 60 t/ha para el tratamiento deficitarios y testigo respectivamente, existiendo diferencia estadística significativa. En cuanto a los resultados de la huella hídrica total para el tratamiento testigo se tuvo un valor de 149 m³/t, mientras que el tratamiento deficitario arrojó un valor de 149.33 m³/t llegando a concluir que no hay diferencia significativa en la huella hídrica en ambos tratamientos.

Rojas (2019), realizó un estudio para calcular la Huella Hídrica en el proceso de producción de Palta Hass para exportación llevado a cabo en la empresa Agrícola Cerro Prieto de la provincia de Chepén en la región La Libertad en el año 2016 al 2017. Para tal fin uso la metodología propuesta por la Red de la Huella Hídrica (Water Footprint Network) planteada por **Hoekstra et al (2009)**, Los resultados alcanzados indican una huella hídrica de palto, el 72% corresponde al componente azul, el 26,50% al componente gris y el 1,5 % es el componente verde. Finalmente concluye que el índice de escasez no tuvo impacto en la disponibilidad del recurso hídrico.

Pegram et al., (2015), realizaron un análisis de la huella hídrica del sector agropecuario del Perú. De los resultados obtenidos, cinco cultivos fueron los de mayor huella hídrica siendo el café, el arroz, la papa, caña de azúcar y la

alfalfa. De estos estudios concluyeron que los requisitos de agua azul y verde tienden a cambiar considerablemente de acuerdo a la geografía, clima y la tecnología empleada para su producción.

2.2 BASES TEÓRICAS

2.2.1 Huella hídrica

Hoekstra (2009), al respecto sostiene que, la huella hídrica es un indicador de apropiación humana del recurso hídrico para sustentar diversas actividades económicas, que busca, principalmente, ilustrar los vínculos existentes entre el uso del agua y la gestión de los recursos hídricos.

La huella hídrica puede ser azul, verde o gris. La huella hídrica azul se refiere al consumo (pérdida de agua disponible del suelo de la superficie en un área de captación) de los recursos de agua superficial y subterránea. La huella hídrica verde se refiere al consumo de los recursos de agua de lluvia en la medida en que no se pierde por filtración o río abajo. La huella hídrica gris se relaciona con la contaminación y se define como el volumen de agua dulce que se requiere para asimilar la carga de contaminantes más allá de las concentraciones naturales del lugar y la calidad del agua (**Hoekstra, Chapagain, Aldaya, & Mekonnen, 2009**).

El valor final de la huella hídrica se calcula de diversas maneras dependiendo de la metodología que se emplee, puede ser la suma de los tres tipos de agua (azul, verde o gris), o la suma de la huella hídrica directa más la huella hídrica indirecta, dependiendo del sector de actividad o del individuo o comunidad a la que se calcule la huella hídrica por unidad de masa (m^3 /kg) o de tiempo ($m^3 /año$) (**Centro Nacional de Información de la Calidad, 2012**).

2.2.2 Huella hídrica verde

Es el agua de lluvia almacenada en el suelo como humedad, siempre y cuando no se convierta en escorrentía. Igualmente, la huella hídrica verde se concentra en el uso de agua de lluvia, específicamente en el flujo de la evapotranspiración del suelo que se utiliza en agricultura y producción forestal **(World Wildlife Fund, 2012)**.

Es particularmente importante para el cálculo de la huella hídrica en la producción de cultivos.

Matemática se calcula de la siguiente manera **(Hoekstra, Chapagain, Aldaya, & Mekonnen, 2009)**:

$$WF_{verde} = \frac{Prep_{efec}}{Y} \quad \text{Ecuación 1}$$

Donde,

WF_{verde} es huella hídrica verde expresada en $[m^3.t^{-1}]$

$Prep_{efec}$ es la precipitación efectiva expresada en $[m]$

Y es el rendimiento expresado en $[t.m^{-2}]$

2.2.3 Huella hídrica azul

Se denomina así a la que se encuentra en los cuerpos de agua superficial (ríos, lagos, esteros, etc.) y subterráneos. La huella hídrica azul se refiere al consumo de agua superficial y subterránea de determinada cuenca, entendiendo consumo como extracción. Es decir, si el agua utilizada regresa intacta al mismo lugar del que se tomó dentro de un tiempo breve, no se toma en cuenta como huella hídrica **(World Wildlife Fund, 2012)**.

Su cálculo procede de la siguiente manera **(Hoekstra, Chapagain, Aldaya, & Mekonnen, 2009)**:

$$WF_{azul} = \frac{CWU_{riego}}{Y}$$

Ecuación 2

Donde,

WF_{azul} es huella hídrica azul expresada en $[m^3 \cdot t^{-1}]$

CWU_{riego} es el requerimiento hídrico del cultivo expresada en $[m]$

Y es el rendimiento expresado en $[t \cdot m^{-2}]$

2.2.4 Huella hídrica gris

Es un indicador definido como el volumen de agua fresca que se requiere para asimilar la carga de contaminantes a un cuerpo de agua fresca, basado en las concentraciones naturales y los estándares ambientales de calidad de agua existentes **(Boyacioglu, Franke, & Hoekstra, 2013)**.

Es toda el agua contaminada por un proceso. Sin embargo, la huella hídrica gris no es un indicador de la cantidad de agua contaminada, sino de la cantidad de agua dulce necesaria para asimilar la carga de contaminantes dadas las concentraciones naturales conocidas de éstos y los estándares locales de calidad del agua vigentes **(World Wildlife Fund, 2012)**.

Se estima de mediante la siguiente ecuación matemática **(Hoekstra, Chapagain, Aldaya, & Mekonnen, 2009)**:

$$WF_{gris} = \frac{\alpha * AR}{\frac{C_{max} - C_{min}}{Y}}$$

Ecuación 3

Donde,

WF_{gris} es huella hídrica gris expresada en $[m^3 \cdot t^{-1}]$

α es la fracción de lixiviación

AR es la aplicación estimada de productos químicos $[Kg \cdot m^{-2}]$

C_{max} representa la cantidad máxima aceptable de contaminantes [Kg.m^{-3}]

C_{min} representa la concentración natural del contaminante [Kg.m^{-3}]

Y es el rendimiento expresado en [t.m^{-2}]

2.1.1. Aplicaciones de la huella hídrica

El indicador huella hídrica puede ser utilizado en muchas áreas, no solo enfocados al sector agropecuario, así tenemos:

- Huella hídrica de una operación unitaria de un proceso.
- Huella hídrica de un producto.
- Huella hídrica de un consumidor o grupo de consumidores.
- Huella hídrica de un área delimitada geográficamente.
- Evaluación de la huella hídrica nacional.
- Huella hídrica en las cuencas hidrográficas y cuencas fluviales. Huella hídrica para los municipios, provincias y otras unidades administrativas.
- Huella hídrica de un negocio.

2.2.5 Huella hídrica en el Perú

La Huella hídrica es un concepto relativamente nuevo en el Perú, es a partir del 2012 que cobra mayor relevancia debido a la cooperación internacional con el proyecto Suiz Agua Andina, financiado por la Agencia Suiza para el Desarrollo y la Cooperación (COSUDE) y empresas privadas piloto en Perú y Chile. Es justamente en 2012 cuando se realiza el primer Seminario Internacional de la Huella Hídrica, y ese mismo año se publican dos (02) estudios de la Autoridad Nacional del Agua (ANA): la huella hídrica del espárrago, arroz y quinua **(Rendón, 2015)**.

En 2013 se realizó una campaña de sensibilización sobre la huella hídrica en la ciudad de Arequipa producto de la cooperación de la ANA con la Autoridad Administrativa del Agua (AAA) Caplina – Ocoña.

En 2014, la ANA, con el auspicio de COSUDE y WWF organizan el taller “Entendiendo y estimando la Huella Hídrica”. Y cinco (05) empresas con operaciones en el Perú: Camposol, Duke Energy Perú, Mexichem, Nestlé Perú y Unacem deciden medir su huella hídrica mediante la metodología del ISO 14046, como parte del Proyecto SuizAgua, cuyos resultados fueron publicados en 2015 por la ONG Agualimpia, organismo ejecutor del proyecto con la asesoría y apoyo científico de Quantis, los reportes corresponden al año 2013.

En el 2015 la ANA presentó el Reporte Nacional del Sector Agropecuario. Se publica la R.J. 246 – 2015 – ANA Norma que promueve la medición voluntaria de la huella hídrica.

En agosto del 2016, la ANA con el objetivo de promover el aprovechamiento sostenible, uso eficiente, conservación, incremento de la disponibilidad, protección de la calidad y bienes asociados del agua, realizó el lanzamiento del Certificado Azul. Así mismo, modifica la R.J. 246 – 2015 – ANA por la R.J. 051 – 2016 – ANA, la misma que vuelve a ser derogada por la R.J. 126 – 2017 – ANA, que finalmente con el objeto de unificar los criterios de las anteriores versiones publica la R.J. 104 – 2018 – ANA bajo la denominación de Norma que promueve la medición y reducción voluntaria de la huella hídrica y el valor compartido en las cuencas.

2.2. MARCO CONCEPTUAL

2.2.1. Evapotranspiración potencial

El concepto de evapotranspiración potencial (ETP) fue definido por **Thornthwaite (1948)** como el máximo de evapotranspiración que depende únicamente del clima. Según este autor, no hay ninguna restricción de agua en el suelo y su magnitud depende exclusivamente del clima. Por su parte **Penman (1956)**, define la evapotranspiración potencial como la cantidad de agua transpirada por un cultivo corto de césped que cubre el suelo en su totalidad y sin falta de agua. Incorpora así al concepto de evapotranspiración potencial no sólo el clima, sino también las condiciones del cultivo y el agua en el suelo.

Justamente, los dos factores que ejercen mayor influencia sobre la evapotranspiración son el desarrollo vegetal de la planta y el contenido de humedad del suelo, los cuales son muy variables y difíciles de medir. Incorporando estos dos factores, el concepto de evapotranspiración potencial se define, entonces, como la máxima evapotranspiración posible que se produce en condiciones favorables cuando el suelo está bien provisto de agua y tapizado por una vegetación o cubierta vegetal densa y bien extensa, pareja y de poca altura (**Doorenbos & Pruitt, 1977**).

En investigaciones posteriores se observó que el valor de la evapotranspiración potencial no representa la capacidad evaporativa máxima, y se comprobó que, en zonas áridas y semiáridas, la evapotranspiración en algunos cultivos de mayor porte (tales como el maíz, el girasol, la alfalfa y el sorgo, entre otros) es superior a la estimada con la evapotranspiración medida en césped. Esto llevó a la introducción del

concepto de evapotranspiración de referencia, reduciendo las ambigüedades de interpretación a las que da lugar el concepto de evapotranspiración y permitiendo de forma más directa relacionarlo con los requerimientos de agua de los cultivos específicos. En resumen, el concepto de evapotranspiración de referencia es similar al de evapotranspiración potencial (incluso en algunos estudios son considerados equivalentes) pero se diferencia en que la evapotranspiración de referencia es aplicada a un cultivo específico, estándar o de referencia (habitualmente, este cultivo es una gramínea o alfalfa, de 8 a 15 cm de altura uniforme, de crecimiento activo, que cubre totalmente el suelo y que no se ve sometido a déficit hídrico) **(Jensen, Burman, & Allen, 1990)**.

El método más usual en condiciones con poca información climática es el de Hargreaves y Samani desarrollada en 1985.

La expresión matemática para su estimación es la siguiente:

$$ET_0 = 0.0135(t_{med} + 17.78)R_s \quad \text{Ecuación 4}$$

Donde,

ET_0 corresponde a la evapotranspiración potencial diaria [$\text{mm}\cdot\text{día}^{-1}$]

t_{med} es la temperatura promedio en grados centígrados.

R_s es la radiación solar incidente [$\text{mm}\cdot\text{día}^{-1}$]

2.2.2. Uso de fertilizantes en la agricultura

Los suelos contienen todos los elementos esenciales que la planta requiere para su desarrollo y reproducción; sin embargo, en la mayoría de los casos, no en las cantidades suficientes para obtener rendimientos altos y de buena

calidad, por lo que es indispensable agregar los nutrimentos por medio de fertilizantes.

Sin el uso de fertilizantes, los rendimientos serán cada vez más bajos debido al empobrecimiento paulatino del suelo por la extracción de los nutrimentos en las cosechas. Un suelo infértil produce menos, tiene menor cubierta vegetal y está más expuesto a la erosión. El uso adecuado del fertilizante requiere conocer sus características, su efecto en las plantas y el suelo, las formas de aplicación y cómo se deriva y prepara una dosis de fertilización con base en los fertilizantes disponibles (SAGARPA, 2005).

2.2.3. Producto grillado PISCO

La dirección de Hidrología (DHI) del Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (SENAMHI), ha estado realizando investigaciones con el objetivo de evaluar la información procedente de diferentes satelitales disponibles en el mundo para validar esa información satelital con información de estaciones meteorológicas situadas en el ámbito nacional. Es así, que a mitad del año 2014 el Perú cuenta por primera vez con una base de datos espacial de precipitación, temperatura y evapotranspiración de manera mensualizada, con una resolución de grilla de 0.05° para una serie que se inicia en enero de 1981 hasta el presente.

La denominación PISCO obedece a las siglas en inglés (Peruvian Interpolated data of the SENAMHI's Climatological and hydrological Observations) (**SENAMHI, 2015**).

2.2.4. Cultivo de palto

2.2.4.1. Origen

Bernal & Díaz (2008), manifiestan que la palta tiene como su centro de origen a América; se considera que la especie que dio origen al aguacatero proviene de la zona montañosa situada al occidente de México y Guatemala. Su distribución natural va desde México hasta Perú, pasando por Centro América, Colombia, Venezuela y Ecuador.

2.2.4.2. Taxonomía

Bernal & Díaz (2008), mencionan que la palta presenta la siguiente clasificación taxonómica:

Reino: Plantae

Subreino: Tracheobionta

División: Magnoliophyta

Clase: Magnoliopsida

Orden: Laurales

Familia: Lauraceae

Género: *Persea*

Especie: *P. americana*

2.2.4.3. Condiciones climáticas

Bernal & Díaz (2008), señalan que la temperatura en la zona tropical está determinada por la altura sobre el nivel del mar; mientras que en la zona subtropical está influenciada, además por la época del año y posición de la tierra con respecto al sol, por lo cual hay dos épocas en el año, una de temperaturas altas y otra de temperaturas bajas. De las tres razas, la *Persea americana* var. *drymifolia*, conocida como raza Mexicana, se adapta a climas muy fríos, soportando temperaturas de hasta 2,2 °C, teniendo como temperaturas optimas de 5 a 17°C. *Persea nubigena* var.

guatemalensis, conocida como la raza Guatemalteca, se adapta a condiciones subtropicales, con temperaturas óptimas de 4 a 19 °C, mientras que la raza Antillana *Persea americana* var. *americana*, se adapta a temperaturas de 18 a 26°C. De otra parte, el aguacatero se adapta a climas húmedos y semi – húmedos, con marcadas diferencias entre las estaciones húmedas y secas. Aunque se adapta bien a condiciones de humedad atmosférica bajas, el orden de adaptación de menor a mayor humedad relativa para las tres razas es: Mexicana, Guatemalteca y Antillana.

En cuanto a precipitación, difieren para las tres razas, así: la raza Mexicana requiere precipitaciones por encima de los 1500 mm/anuales; para la raza Guatemalteca por debajo de los 1500 mm/año y para la raza Antillana los requerimientos son menores de 1000 mm/año. El aguacate tiene una amplia adaptación a la pluviosidad; se cultiva sin riego en zonas sin riego con precipitaciones que varían entre 665 mm y más de 2000 mm/año.

También consideran que el viento es un factor importante, ya que las ramas del aguacate son muy frágiles y se quiebran fácilmente: por lo tanto, se tienen que establecer cortinas rompe vientos. El viento no debe ser constante, ni alcanzar velocidades por encima de los 20 km/hora, ya que esto provoca la ruptura de ramas, caída de flores y fruto y quemazón de las hojas y brotes del árbol; la deshidratación impide la fecundación y formación de frutos.

Las tres razas se adaptan a diferentes rangos altitudinales, así: la raza Mexicana se adapta a alturas por encima de los 2000 m.s.n.m., lo que la

ubica en el piso técnico frío, para la raza Guatemalteca, el rango altitudinal de adaptación es de 800 hasta 2400 m.s.n.m., pudiéndose establecer en los pisos térmicos frío moderado a medio; para la raza Antillana el rango de adaptación va desde 0 a 800 m.s.n.m., lo que la sitúa en el piso térmico cálido. Los híbridos entre estas razas tienen un mayor rango de adaptación.

2.2.4.4. Condiciones climáticas

Preparación del suelo

Godínez, Martínez, Melgar & Méndez (2000), señala que se deben realizar labores de aradura, de limpieza y nivelación en vista que el palto es muy sensible a los excesos de agua. Cuando este cultivo se tiene pensando instalar en laderas, la plantación deberá seguir las curvas de nivel y si existe presencia de suelos con rocas, éstas deberán ser removidas para garantizar un mejor desarrollo radicular de las plantas.

Sistema de plantación

Considerar que para los distanciamientos de este cultivo se tendrá en cuenta las características de crecimiento de la variedad, clima, textura de suelo, el patrón utilizado y el sistema de manejo. En general, estos distanciamientos recomendables se dan entre 7 x 4 y 8 x 4 metros entre sí, alcanzando una densidad de siembra aproximada de 357 y 312 plantas **(Godínez, Martínez, Melgar, & Méndez, 2000)**.

Apertura de hoyos

Godínez, Martínez, Melgar & Méndez (2000), sostiene que para realizar el hoyado se debe planificar con dos meses previo a la plantación. Es usual que en el hoyado se aplique entre 20 y 30 Kg de estiércol

previamente mezclados con tierra; seguidamente se procede con el riego de manera semanal, de modo que se produzca la descomposición total de la materia orgánica.

Plantación

Normalmente se emplea el marco real o cuadrado, cuya característica es que los árboles son plantados a la misma distancia entre planta y surco; por otro lado, en el caso del marco rectangular se tiene que la distancia que corresponde a los surcos es superior a la distancia entre plantas. También se observa el marco tresbolillo o hexagonal, donde los árboles se plantan formando triángulos equiláteros, este arreglo permite 15% más de las plantas por unidad de área **(Godínez, Martínez, Melgar, & Méndez, 2000)**.

2.2.4.5. Requerimiento de agua y suelo

Al respecto, El Instituto de Investigaciones Agropecuarias de Chile **(2010)**, indica:

La principal limitante del suelo para el palto es la presencia de textura arcillosa y mal drenaje, debido a la sensibilidad de esta especie a la asfixia radicular. El mejor suelo para este cultivo es aquel de textura liviana, suelto y se ha observado que el desarrollo de raíces, así como una adecuada condición de drenaje se tienen en suelos que presentan una gran cantidad de piedras. Lo importante, en definitiva, es que el suelo tenga un gran porcentaje de macro poros, con características de suelos con buena estructura, dado principalmente a su contenido de materia orgánica. Los macro poros permiten una apropiada fluidez al movimiento tanto del agua, concentración suficiente para que realice los procesos de

absorción de agua como de nutrimentos, así como el desarrollo de nuevas raíces, que aseguren el crecimiento de la planta, en general.

El Ministerio de Agricultura y Riego (2014), en la ficha técnica N° 12 manifiesta que los requerimientos hídricos del cultivo de palto oscilan entre los 8000 a 10000 m³ por hectárea por campaña.

Agustí (2010), indica que el riego más adecuado es el localizado, con aportaciones de 4000 – 8000 m³/ha, en climas subtropicales húmedos.

La Dirección General de Información Agraria del Perú (2008), manifiesta que las exigencias que tiene este frutal respecto a las condiciones del suelo y agua se resumen en:

- Son convenientes suelos sueltos, franco arenoso y de pH entre 5,5 y 7,5; el contenido de sal no debe ser superior a los 3mmhos/cm², a 25 °C.
- La concentración total de sólidos disueltos en el agua no debe superar las 850 ppm; el sodio no debe superar los 3 meq/l; los cloruros deben encontrarse en cantidades menores a 107 ppm ó 3 meq/l y la concentración total del Boro, debería ser menor de 0,7 ppm.

2.2.5.1 Palta variedad Hass

De acuerdo con **Rimache (2007)**, este cultivar o variedad de palta se caracteriza por ser medianamente vigorosa, con una producción alta en años alternos. Es frecuente presenciar, sobre todo en años determinados, que la mitad del lote de plantas establecidas en un campo agrícola tengan buena fructificación mientras que el lote restante se observe plantas con escasa fructificación. Se sabe que este cultivo no es muy tolerante a la

concentración de sales. El peso del fruto se sitúa entre 170 g a 350 g, no obstante, a diferencia del Perú en otros países se evidencian frutos de menor peso para esta variedad. La característica de su fruto resalta por poseer una pulpa cremosa de sabor muy agradable, no presenta fibra, la presencia de aceite es de 23,7%, cáscara algo coriácea, rugosa, color púrpura oscuro al madurar, semilla pequeña y adherida a la cavidad. Así mismo su fruta se puede mantener en el árbol por algunos meses después de su madurez fisiológica y presenta un excelente grado de conservación y de resistencia al transporte.

El Ministerio de Agricultura de Agricultura y Riego del Perú **(2015)**, manifiesta que esta variedad se ha adaptado muy bien tanto en costa y selva alta del país. El periodo de cosecha normalmente se da en noviembre a diciembre; mientras que, en la selva, en épocas más tempranas. La producción de este cultivo se enfoca hacia el comercio exterior.

CAPITULO III

MATERIALES Y METODOLOGÍA

3.1 UBICACIÓN

3.1.1 Ubicación geográfica

La presente investigación tuvo lugar en las localidades de Imponeda, Quitasol, Valle del Pachachaca, Trujipata y San Gabriel, de ahora en adelante denominadas **localidades de estudio**, del distrito de Abancay de la provincia de Abancay en la región Apurímac.

3.1.2 Ubicación hidrográfica

Las localidades de Imponeda, Quitasol, Valle del Pachachaca, Trujipata y San Gabriel hidrográficamente se ubican en la micro cuenca del Mariño de la sub cuenca del Río Pachachaca. La micro cuenca Mariño se ubica entre las siguientes coordenadas UTM WGS84 (ver en anexos: **A.2 Mapa de ubicación del ámbito de estudio**, página 73):

- Norte 722500.00 a 744000.00
- Este 8483700.00 a 8502000.00.

3.1.3 Características de las localidades en estudio

Clasificación climática

Considerando el mapa de clasificación climática del Perú, elaborado de acuerdo al método de Thornthwaite (ver Anexo: **A.3 Clasificación climática de la micro cuenca Mariño**, página 74).

Las localidades en estudio presentan el siguiente clima:

- **C(o,i)B'2H3**

Zona de clima templado, semi seco, con deficiencia de lluvia en otoño y en invierno, con humedad relativa calificada como húmeda.

Zonas de vida

Tomando en cuenta La clasificación de zonas de vida, según el Mapa Ecológico elaborado por la ONERN en 1976 (ver en Anexos: **A.4 Zonas de vida en la micro cuenca Mariño**, página 75) en las localidades de estudio se presenta las siguientes zonas de vida:

- **Bosque seco Montano Subtropical**

Geográficamente se extiende entre altitudes que van de 2000 a 3000 msnm, su cobertura vegetal de esta zona de vida está compuesta principalmente por vegetación arbórea-arbustiva y bosques nativos, en esta zona de vida es donde se desarrollan las actividades agrícolas (distrito de Abancay).

- **Bosque seco subtropical**

Geográficamente se extiende entre altitudes de 1000 a 2000 msnm, la cobertura vegetal de esta zona de vida está compuesta principalmente por vegetación arbustiva y arbórea, también se desarrollan actividades económicas de agricultura intensiva (destaca el valle del Pachachaca del distrito de Abancay).

3.2 MATERIALES

3.2.1 Material biológico

Plantas de palto variedad Hass en etapa de producción (de 3 años hacia adelante).

3.2.2 Materiales de campo

Durante el desarrollo de la investigación se emplearon los siguientes materiales de campo:

- 1 GPS.
- 2 Libreta de campo.
- 3 Cámara fotográfica.
- 4 Wincha.

3.2.3 Materiales de gabinete

Se usaron los siguientes materiales de gabinete:

- 1 Computadora de escritorio con OS Windows 10.
- 2 Producto grillado PISCO: precipitación mensual, evapotranspiración potencial mensual y temperatura promedio mensual.
- 3 Carta nacional en escala 1:100000 formato shapefile.
- 4 Información de cuencas hidrográficas en formato shapefile.
- 5 Software R project.
- 6 Packages para R project: raster y ncd4.
- 7 Libraries para R project: raster, ncd4 y sp.
- 8 Software QGis Desktop v3.14.0 with GRASS 7.8.3
- 9 Software SAGA GIS v.7.6.1
- 10 Software EasyFit v.5.5
- 11 Software CROPWAT v.8.0
- 12 Útiles de escritorio: hojas bond, lapiceros, tableros, posit entre otros.

3.3 METODOLOGÍA

3.3.1 Tipo de investigación

La presente investigación es del tipo “aplicada” como lo señala **Hernández (2010)**, se caracteriza porque resuelve problemas, en este estudio se busca resolver problemas relacionados a la falta de indicadores ambientales que permitan conocer el estado actual del consumo de agua en el cultivo de palto dentro de la micro cuenca Mariño. En base a lo expuesto, nos enfocamos en determinar indicadores que permitan cuantificar el consumo de agua requerido en la producción de palto variedad Hass en el ámbito de las localidades de estudio.

3.3.2 Nivel de investigación

El nivel de investigación corresponde al descriptivo puesto que describe característica de la producción de palto variedad en las localidades de estudio del distrito de Abancay en función de los componentes de la huella hídrica.

3.3.3 Alcance de la investigación

Esta investigación es transversal, considerando lo que manifiesta Hernández (2010) se caracteriza por la recolección de un momento dado, para esta investigación las observaciones realizadas tuvieron lugar en el año 2020.

3.3.4 Diseño de la investigación

El diseño de investigación es no experimental, por consiguiente, las variables bajo observación no fueron controladas, es decir, se hizo el recorrido de las unidades productivas in situ describiendo la etapa productiva del cultivo y el rendimiento obtenido por cosecha en una primera etapa denominada fase de campo en donde se construye información estadística de superficie de

producción además de recopilar información de insumos agrícolas usados en la producción de palto, posteriormente se realizó el trabajo en gabinete considerando información secundaria: carta nacional, información pluviométrica, análisis de agua, entre otros (para mayor detalle, ver la figura 13) pág. 41.

3.3.5 Variables

3.3.5.1 Variable independiente

Cultivo de palto variedad Hass.

3.3.5.2 Variable dependiente

Huella hídrica azul, huella hídrica verde y huella hídrica gris.

3.3.5.3 Operacionalización de las variables

Las variables de investigación se operacionalizaron de la siguiente manera:

Tabla 1. Matriz de operacionalización de variables.

Variables	Dimensiones	Indicadores	Unidad de medida	Metodología
Huella hídrica	Huella hídrica verde (Hoekstra, Chapagain, Aldaya, & Mekonnen, 2009)	Volumen de agua proveniente de lluvias que es incorporado en la producción	m ³ /t	<u>Tipo de investigación</u> Aplicada.
	Huella hídrica azul (Hoekstra, Chapagain, Aldaya, & Mekonnen, 2009)	Volumen de agua proveniente de aguas superficiales incorporado en la producción		<u>Nivel de investigación</u> Descriptivo.
	Huella hídrica gris (Hoekstra, Chapagain, Aldaya, & Mekonnen, 2009)	volumen de agua necesario para asimilar una carga contaminante en un cuerpo de agua		<u>Diseño de la investigación</u> No experimental.
Cultivo de palto.	Rendimiento.	Rendimiento por superficie agrícola	t/ha	

Fuente: Elaboración propia.

3.3.6 Población

Son en total 97 productores de palto que se dedican a la explotación agrícola de palto variedad Hass en las localidades donde se realizó el estudio. Posteriormente en base a la población determinada se considera en el ítem 3.3.7 el cálculo de la muestra.

3.3.7 Estimación de la Muestra

La estimación de la muestra fue del tipo probabilístico empleando la siguiente ecuación:

$$n = \frac{Z^2 pqN}{E^2(N - 1) + Z^2 pq}$$

Ecuación 5

n = tamaño de la muestra a estimar

Z = niveles de confianza para el 95 % de probabilidades, e igual a 1.96.

E = error permisible, para el presente proyecto de tesis el error máximo permisible será de 5%.

p = probabilidad de éxito (0.8)

q = probabilidad de fracaso (0.20)

N = población de agricultores de palto

Reemplazando en la ecuación, se obtuvo que el tamaño de la muestra correspondió a 75 productores dedicados al cultivo de palto variedad Hass:

$$n = \frac{(1.96)^2(0.80)(0.20)(106)}{(0.05)^2(106 - 1) + (1.96)^2(0.80)(0.20)} = 75$$

3.3.8 Técnica e instrumentos para la recolección de datos

La técnica empleada para la recolección de datos fue la **entrevista** mientras que el instrumento para complementar el recojo de la información consistió en una **ficha de entrevista** (ver A.10 pag.114), cuyos ítems estuvieron compuestos de:

- Datos del productor.
- Ubicación de la unidad productiva.
- Insumos utilizados en la producción de palto variedad Hass
- Aspectos de la producción.

3.3.9 Procedimiento de la información

En el flujograma del cálculo de la huella hídrica se muestra visualmente los procedimientos realizados para estimar la huella hídrica. Por otro lado, a partir del ítem 3.3.7 hasta el 3.3.9 se detalla los procedimientos realizados de la información requerida para el cálculo de la huella hídrica.

3.3.9.1 Variables climáticas

Se generó 4 estaciones meteorológicas sintéticas o virtuales denominadas PISCO – 1, PISCO – 2, PISCO – 3 y PISCO – 4 a partir del producto grillado PISCO dentro de la micro cuenca Mariño. Las informaciones climáticas obtenidas de las estaciones meteorológicas sintéticas generadas corresponden a temperatura promedio, evapotranspiración potencial y pluviométrica cuenta con datos a nivel mensual desde el 01 de enero de 1981 hasta el 31 de diciembre del 2016, las mismas que fueron descargados mediante el uso del software R project, los packages y libraries ya indicadas en el acápite anterior. Es preciso indicar que, de las cuatro estaciones meteorológicas generadas, las de interés para este estudio fueron PISCO – 2 y PISCO – 4 por su influencia en las zonas productoras de palto; así para PISCO – 2 las localidades que comprende fueron Trujipata, Imponeda y Quitasol mientras que PISCO – 4 abarca San Gabriel y Pachachaca. Cabe indicar que la información climática proveniente de PISCO no presenta valores atípicos, saltos en la media, entre otros. En ese sentido, no fue necesario realizar análisis de homogeneidad de las series climáticas obtenidas.

3.3.9.2 Extensión de la información

Dado que la información obtenida por PISCO es hasta el periodo 2016, se recurrió a la extensión de la información de las variables climáticas hasta el año 2020. Para realizar la extensión de información se determinó a qué tipo de distribución de probabilidad se ajusta la serie de datos a nivel mensual observado de estas variables climáticas anteriormente

señaladas mediante la prueba de Kolmogorov – Smirnov el cual es un procedimiento de "bondad de ajuste", que permite medir el grado de concordancia existente entre la distribución de un conjunto de datos y una distribución teórica de probabilidad específica. Una vez determinada la distribución teórica que mejor se ajusta a los datos meteorológicos de cada estación meteorológica sintética, se generó números aleatorios – con el apoyo del software EasyFit v.5.5 – provenientes de cada distribución teórica de probabilidad de la serie de datos correspondiente a cada variable climática mensualizada y con ello se extiende la información del 2016 hasta el 2020 (ver en anexos: **A.9 Registros meteorológicos**, página 102).

La información pluvial obtenida se ajusta a las siguientes distribuciones teóricas de probabilidad:

Tabla 2. Distribución teórica de probabilidad para pluviometría.

MESES	DISTRIBUCIÓN TEÓRICA DE PROBABILIDAD			
	PISCO 1	PISCO 2	PISCO 3	PISCO 4
Enero	Gen. Extreme Value	Gen. Extreme Value	Normal	Gen. Extreme Value
Febrero	Gen. Extreme Value	Pearson 6	Gamma	Gen. Extreme Value
Marzo	Logistic	Gen. Gamma	Weibull (3P)	Normal
Abril	Gen. Extreme Value	Gen. Gamma	Pearson 6	Gen. Gamma
Mayo	Gen. Extreme Value	Gen. Gamma	Weibull	Gen. Extreme Value
Junio	Gen. Pareto	Weibull	Gen. Pareto	Gen. Extreme Value
Julio	Gamma	Gamma	Lognormal	Gen. Pareto
Agosto	Weibull	Log – Pearson 3	Weibull	Weibull
Setiembre	Gen. Pareto	Gen. Extreme Value	Weibull	Gen. Pareto
Octubre	Log – Logistic (3P)	Gen. Extreme Value	Logistic	Gen. Extreme Value
Noviembre	LogNormal (3P)	Lognormal (3P)	Log – Logistic (3P)	Gamma
Diciembre	Log – Logistic (3P)	Log – Logistic (3P)	Log – Logistic (3P)	Logistic

Fuente: Adaptado de PISCO - SENAMHI.

De otra parte, en la tabla 3, se presenta la información de los datos de evapotranspiración potencial con su respectiva distribución teórica de probabilidad.

Tabla 3. Distribución teórica de probabilidad para evapotranspiración potencial.

MESES	DISTRIBUCIÓN TEÓRICA DE PROBABILIDAD			
	PISCO 1	PISCO 2	PISCO 3	PISCO 4
Enero	Gen. Extreme Value	Gen. Extreme Value	Normal	Gen. Extreme Value
Febrero	Gen. Extreme Value	Pearson 6	Gamma	Gen. Extreme Value
Marzo	Logistic	Gen. Gamma	Weibull (3P)	Normal
Abril	Gen. Extreme Value	Gen. Gamma	Pearson 6	Gen. Gamma
Mayo	Gen. Extreme Value	Gen. Gamma	Weibull	Gen. Extreme Value

Junio	Gen. Pareto	Weibull	Gen. Pareto	Gen. Extreme Value
Julio	Gamma	Gamma	Lognormal	Gen. Pareto
Agosto	Weibull	Log – Pearson 3	Weibull	Weibull
Setiembre	Gen. Pareto	Gen. Extreme Value	Weibull	Gen. Pareto
Octubre	Log – Logistic (3P)	Gen. Extreme Value	Logistic	Gen. Extreme Value
Noviembre	LogNormal (3P)	Lognormal (3P)	Log – Logistic (3P)	Gamma
Diciembre	Log – Logistic (3P)	Log – Logistic (3P)	Log – Logistic (3P)	Logistic

Fuente: Adaptado de PISCO - SENAMHI.

Del mismo modo, la distribución teórica de probabilidad de la serie de datos correspondiente a temperatura promedio se muestra en la tabla 4.

Tabla 4. Distribución teórica de probabilidad para temperatura promedio.

MESES	DISTRIBUCIÓN TEÓRICA DE PROBABILIDAD			
	PISCO 1	PISCO 2	PISCO 3	PISCO 4
Enero	Gen. Gamma (4P)	Gen. Extreme Value	Log – Pearson (3P)	Weibull (3P)
Febrero	Log – Logistic (3P)	Log – Logistic (3P)	Gen. Extreme Value	Log – Logistic (3P)
Marzo	Log – Logistic (3P)	Log – Logistic	Log – Logistic (3P)	Log – Logistic (3P)
Abril	Log – Logistic (3P)	Normal	Gen. Extreme Value	Log – Logistic (3P)
Mayo	Gumbel Max	Gen. Extreme Value	Gen. Extreme Value	Log – Logistic (3P)
Junio	Gen. Extreme Value	Gen. Extreme Value	Gen. Extreme Value	Gen. Extreme Value
Julio	Gen. Extreme Value	Weibull	Gen. Extreme Value	Gen. Extreme Value
Agosto	Gumbel Max	Weibull (3P)	Gen. Extreme Value	Gen. Extreme Value
Setiembre	Weibull (3P)	Lognormal	Log – Pearson (3P)	Weibull (3P)
Octubre	Normal	Pearson 5 (3P)	Gen. Extreme Value	Normal
Noviembre	Normal	Gen. Extreme Value	Gen. Extreme Value	Normal

Diciembre	Log – Logistic (3P)	Log – Gamma	Gen. Extreme Value	Weibull (3P)
-----------	------------------------	-------------	-----------------------	--------------

Fuente: Adaptado de PISCO – SENAMHI.

3.3.9.3 Delimitación hidrográfica

Se consideró la información cartográfica de la carta nacional digitalizada a escala 1/100000 además de información de las redes hidrográfica de unidades menores y curvas a nivel. Para este fin, se usó los softwares QGIS Desktop v3.14.0 with GRASS 7.8.3 y SAGA GIS v.7.6.1 con la que se delimitó la unidad hidrográfica o micro cuenca “Mariño”.

3.3.9.4 Climatología de la micro cuenca Mariño

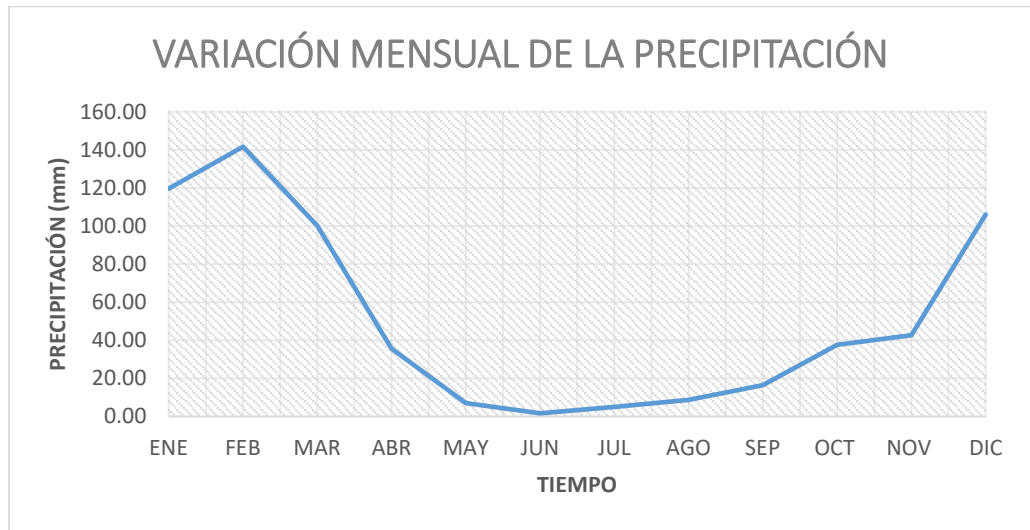
Precipitación

Se conoce como precipitación a la caída del agua que proviene de las nubes cuando han alcanzado su punto de saturación y constituye como la principal entrada de agua en las cuencas hidrográficas; la precipitación es dependiente de la variación altitudinal en su mayoría.

La información pluviométrica proviene de la estación virtual “PISCO”, desde el año 1981 hasta el año 2020 (ver en anexos: **A.9 Registro meteorológicos**, página 102):

De la figura 1 se observa el comportamiento de la precipitación en el sector PISCO -1, donde los meses más lluviosos tuvieron lugar en los meses de diciembre a marzo y la temporada seca inicia a partir del mes de mayo prolongándose hasta agosto.

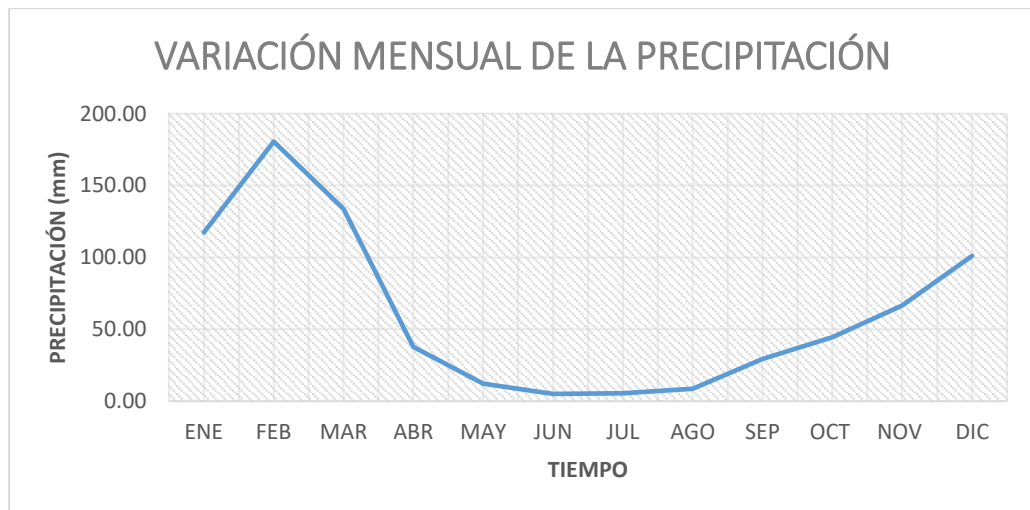
Figura 1. Variación de la precipitación mensual PISCO – 1.



Fuente: Elaboración propia.

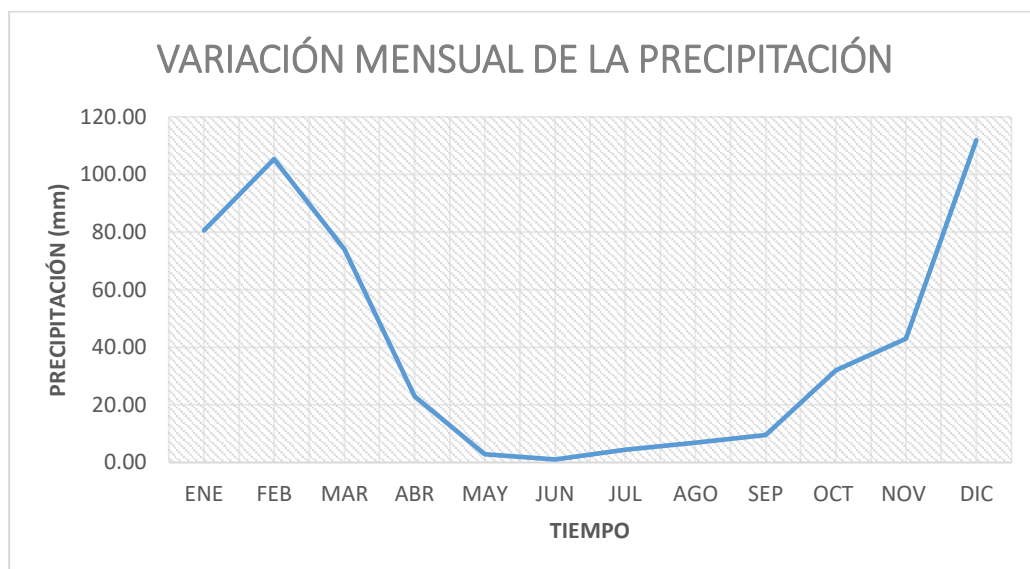
El mismo comportamiento se observa en los sectores PISCO – 2, PISCO – 3 y PISCO – 4; las figuras 2, 3 y 4 muestra que los meses donde ocurre la mayor cantidad de lluvia son de diciembre a marzo y la época de estiaje inicia a partir del mes de mayo prolongándose hasta agosto.

Figura 2. Variación de la precipitación mensual PISCO – 2.



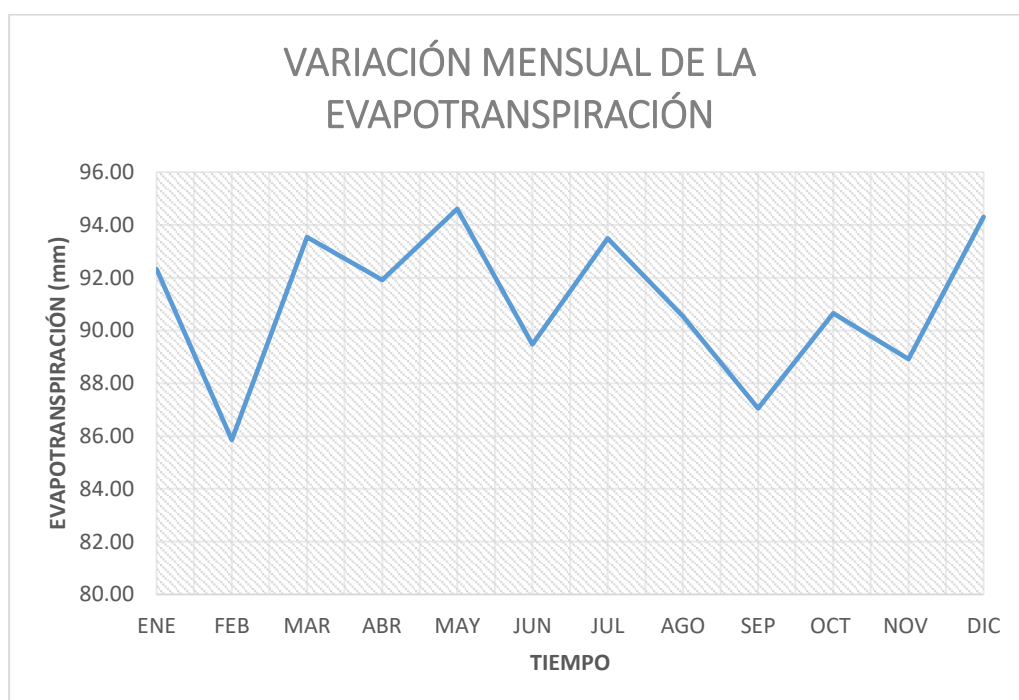
Fuente: Elaboración propia.

Figura 3. Variación de la precipitación mensual PISCO – 3.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 4. Variación de la precipitación mensual PISCO – 4.



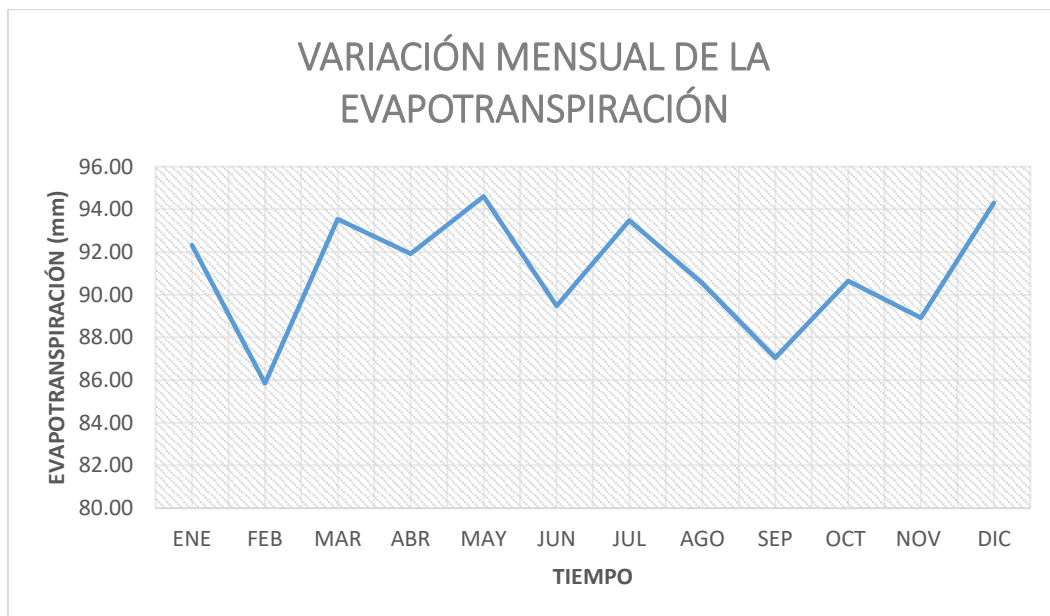
Fuente: Elaboración propia.

A nivel del micro cuenca Mariño, se elaboró un mapa de precipitación, empleando el método de interpolación Kriging con apoyo del software Qgis (ver en anexos: **A.5 Mapas de precipitaciones**, página 77)

Evapotranspiración referencial

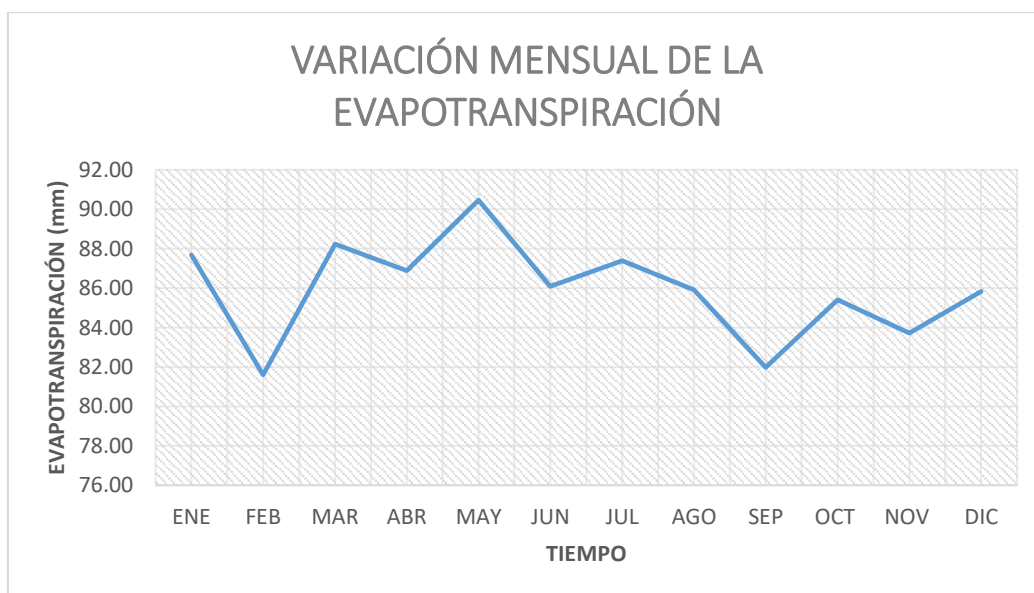
En cuanto a la variación de la evapotranspiración referencial mensual, en los sectores evaluados, muestran comportamientos similares.

Figura 5. Variación de la evapotranspiración de referencia mensual PISCO – 1.



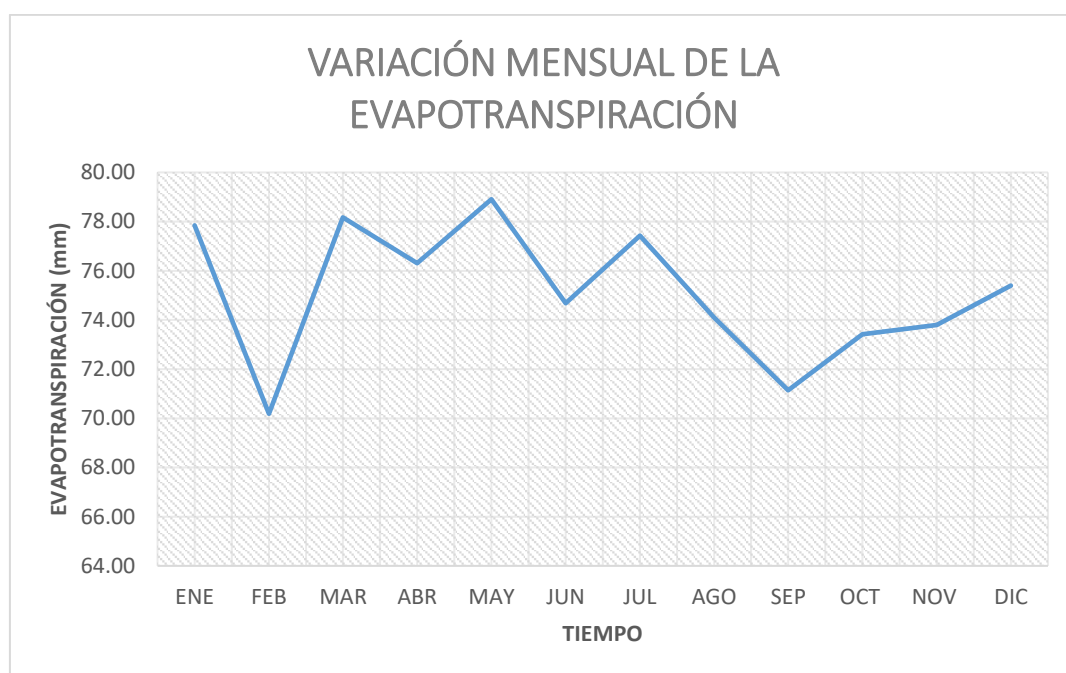
Fuente: Elaboración propia.

Figura 6. Variación de la evapotranspiración de referencia mensual PISCO – 2



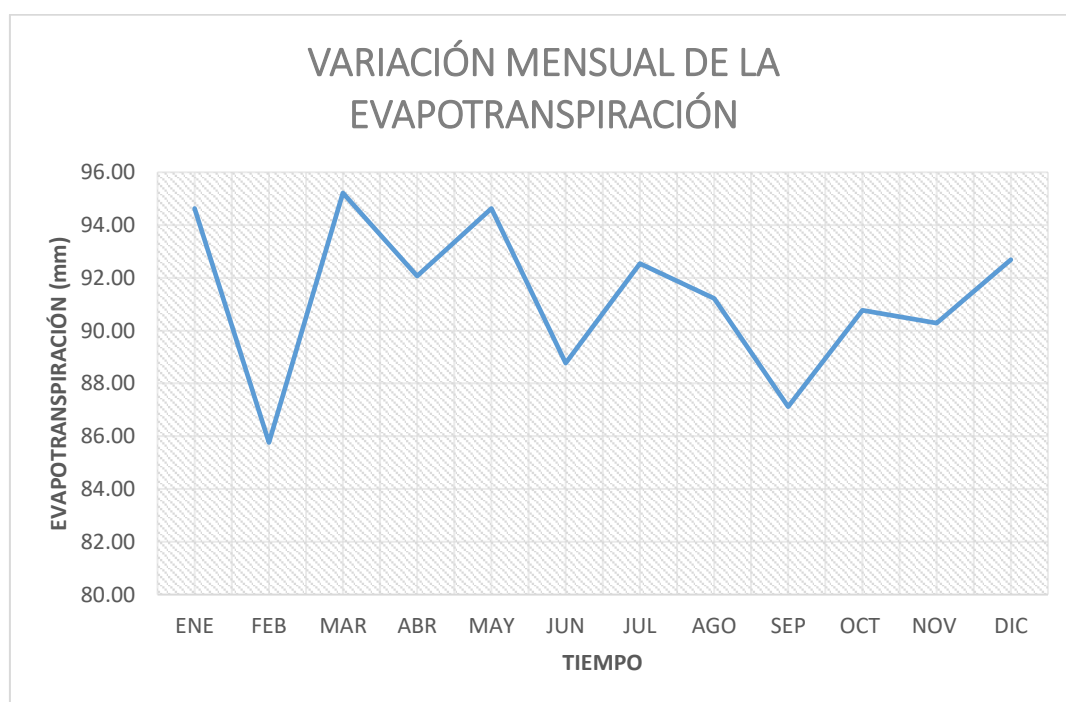
Fuente: Elaboración propia.

Figura 7. Variación de la evapotranspiración de referencia mensual PISCO – 3.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 8. Variación de la evapotranspiración de referencia mensual PISCO – 4.



Fuente: Elaboración propia.

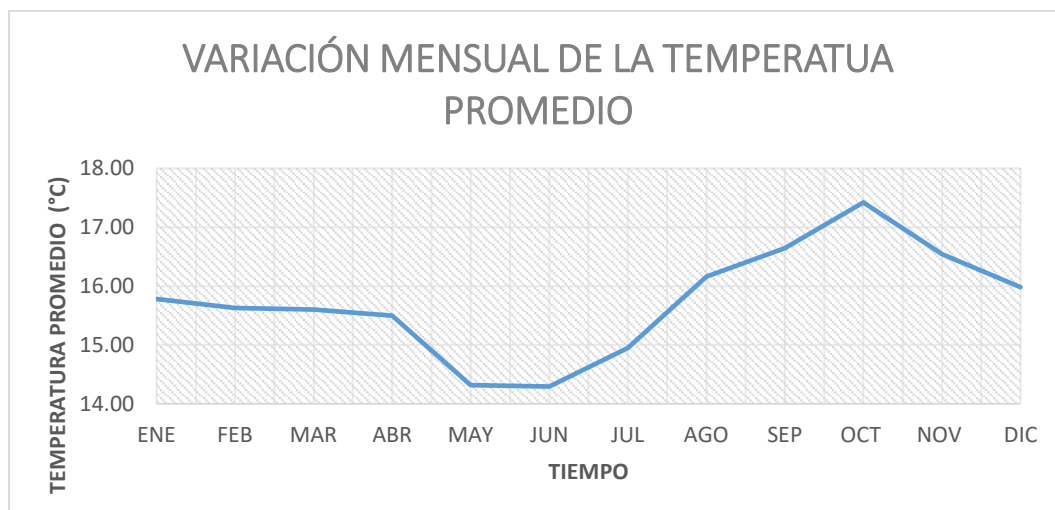
De las figuras 5, 6, y 7 se observa que la mayor tasa de evapotranspiración mensual tuvo lugar en el mes de mayo. Mientras en el sector PISCO 4 (figura 8), la mayor tasa ocurre en el mes de marzo.

A nivel del micro cuenca Mariño, se elaboró un mapa de evapotranspiración referencial, empleando el método de interpolación Kriging con apoyo del software Qgis (ver en anexos: **A.6 Mapas de evapotranspiración referencial**, página 88).

Temperatura promedio

El comportamiento de la temperatura en la micro cuenca Mariño presenta ligeras variaciones. Por ejemplo, en el sector PISCO – 1 la temperatura oscila entre 14°C y 17.5 °C; siendo mayo y junio los meses con la temperatura más baja y octubre con la más alta (ver figura 9).

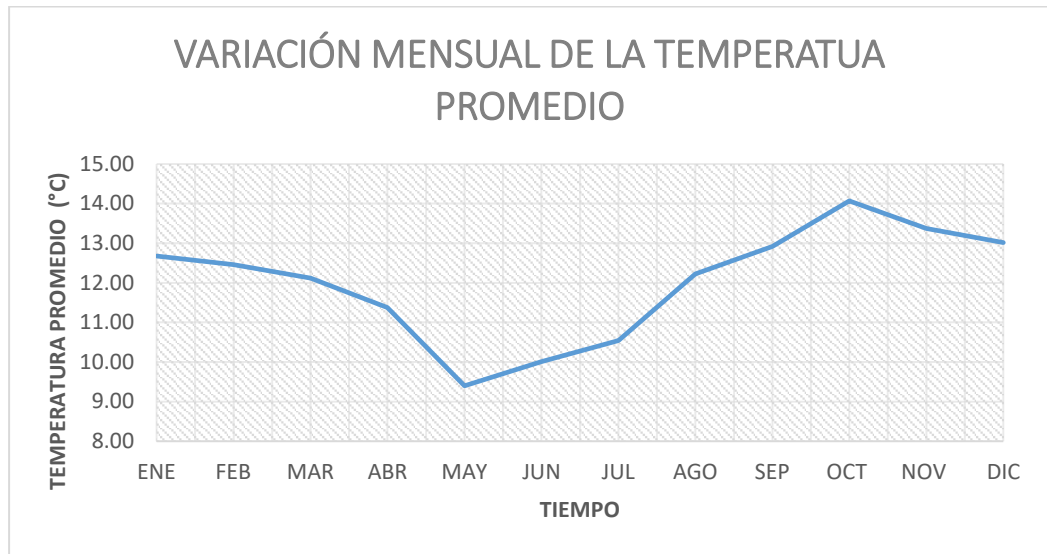
Figura 9. Variación de la temperatura promedio mensual PISCO – 1.



Fuente: Elaboración propia.

En el sector PISCO – 2, la temperatura promedio se encuentra entre los 12.5°C y 16.5°C; siendo mayo el mes con la menor temperatura registrada y octubre con el pico más alto (ver figura 10).

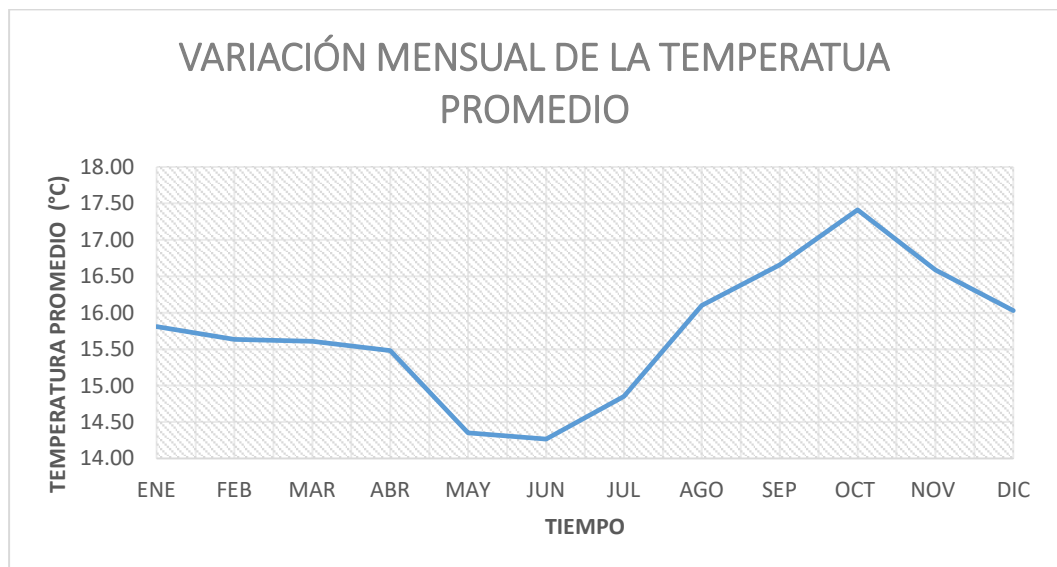
Figura 10. Variación de la temperatura promedio mensual PISCO – 2.



Fuente: Elaboración propia.

En el sector PISCO – 3, el mes con el menor registro de temperatura fue mayo con 9.5°C mientras que octubre presentó una temperatura de 14 °C siendo el mes más caluroso (ver figura 11).

Figura 11. Variación de la temperatura promedio mensual PISCO – 3.

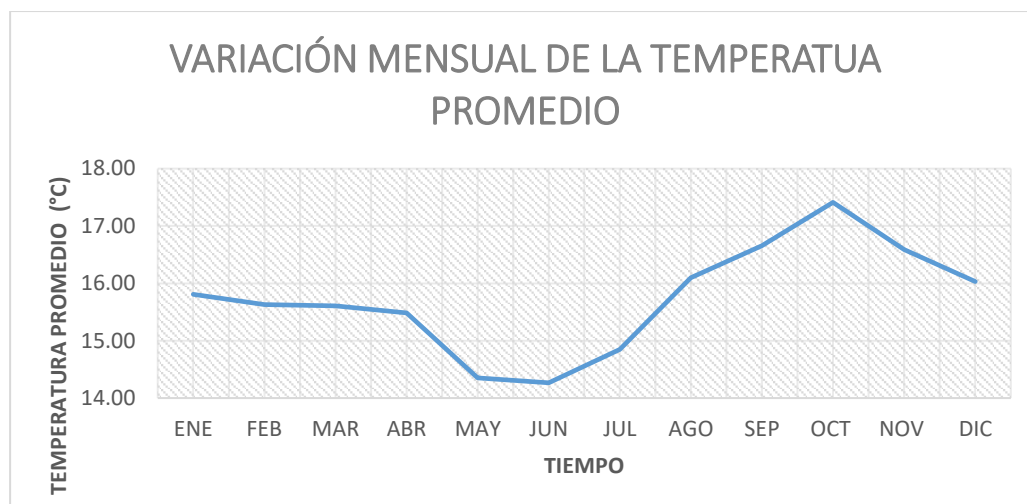


Fuente: Elaboración propia.

Y, por último, en el sector PISCO – 4, se observa que hubo dos meses con los registros de temperatura más bajos; tanto mayo como junio

registraron cerca de 14°C, mientras que, el mes más caluroso fue octubre con temperatura cercana a 17.5°C (ver figura 12).

Figura 12. Variación de la temperatura promedio mensual PISCO – 4



Fuente: Elaboración propia.

3.3.9.5 Cálculo de la precipitación efectiva

Se entiende como precipitación efectiva a la fracción de la precipitación total usada para satisfacer el requerimiento hídrico de un determinado cultivo; excluyendo la escorrentía superficial, infiltración profunda y la evaporación de la superficie del suelo. Para su estimación se hizo uso del software CROPWAT v.8.0 con el método USDA S.C.

3.3.9.6 Cálculo de la huella hídrica

Para la estimación de la huella hídrica en el cultivo de palto variedad Hass del distrito de Abancay se procedió de la siguiente manera:

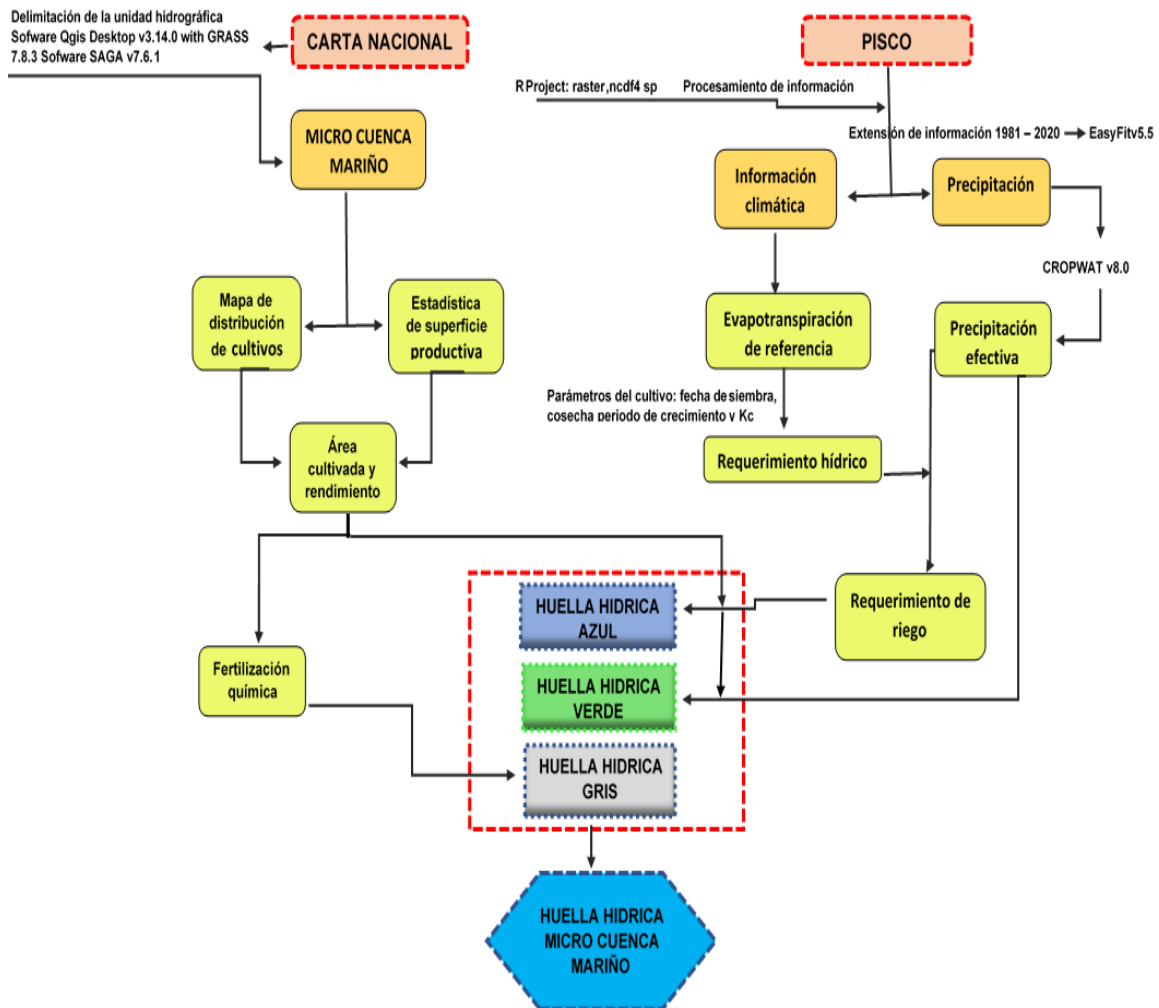
- Ubicación espacial de las áreas agrícolas cultivadas con palto variedad Hass.
- Información estadística del rendimiento obtenido.
- Información climática de la zona.

- Parámetros del cultivo: fecha de siembra y cosecha, Kc, periodo de crecimiento, entre otros.
- Parámetros edáficos.
- Información de fertilización nitrogenada anual en el cultivo de palto variedad Hass.

3.3.9.7 Flujo grama del cálculo de la huella hídrica

El siguiente flujo grama resume los procesos de cálculo del estudio de investigación realizado.

Figura 13. Flujo grama del cálculo de la huella hídrica en la micro cuenca Mariño.



Fuente: Elaboración propia.

CAPITULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIONES

4.1 Huella hídrica verde

Para su estimación, se empleó la **Ecuación 1** conjuntamente con la información del rendimiento obtenido expresado en $t.m^{-2}.año^{-1}$ (ver tabla A1 y A2, página 59 en anexos: **A.0. Parámetros de la huella hídrica**) de las unidades productivas evaluadas con los valores de la precipitación efectiva de la información proveniente de cada estación meteorológica sintética (PISCO – 2 y PISCO – 4, tablas A3 y A4 respectivamente página 64 – 65 en anexos: **A.0. Parámetros de la huella hídrica**); previamente los datos de la precipitación fueron tomados de los registros meteorológicos PISCO2 y PISCO4 (páginas 103 y 105 del anexo: **A.9 Registros meteorológicos**) los mismos que fueron introducidos al software CROPWAT para calcular la precipitación efectiva. Una vez obtenida la precipitación efectiva se divide con el rendimiento del cultivo de palto variedad Hass resultando así el valor de la huella hídrica verde.

La tabla 5, reporta que el valor de la huella hídrica verde del sector PISCO – 2 corresponde a 886.177 que representa la cantidad de agua en m^3 que se requiere para producir una tonelada de palto variedad Hass.

Tabla 5. Huella hídrica verde PISCO – 2.

Información	Cultivo de palto
Rendimiento [t.m ⁻² .año ⁻¹]	0.00068677
Prep. Efec. [m.año ⁻¹]	0.6086
Huella hídrica verde [m³.t⁻¹]	886.177

Fuente: Elaboración propia

En el caso del ámbito de la estación sintética PISCO – 4, la tabla 6 muestra que la huella hídrica verde tiene un valor de 1013.10 que es la cantidad de agua expresada en m³ para producir una tonelada de palto variedad Hass.

Tabla 6. Huella hídrica verde PISCO – 4.

Información	Cultivo de palto
Rendimiento [t.m ⁻² .año ⁻¹]	0.000642088
Prep. Efec. [m.año ⁻¹]	0.6505
Huella hídrica verde [m³.t⁻¹]	1013.10

Fuente: Elaboración propia

Por consiguiente, la huella hídrica verde total que se requiere para producir una tonelada de palto variedad Hass en el distrito de Abancay corresponde a 1899. 277 m³ de agua (suma de las huellas hídricas verdes parciales: 1013.10 y 886.177)

4.2 Huella hídrica azul

La huella hídrica azul se calcula a partir de la **Ecuación 2** considerando como parámetros de entrada la información de rendimientos estimados (tabla A1 y A2, página 60 - 61 en anexos: **A.0. Parámetros de la huella hídrica**) y el requerimiento de riego anual expresados en m.año⁻¹ (tabla A8 y A9 paginas 67 – 68 en anexos: **A.0. Parámetros de la huella hídrica**); para el requerimiento de riego anual se tomó en consideración

la evapotranspiración (tabla A5, página 65 en anexos: **A.0. Parámetros de la huella hídrica**), requerimiento hídrico del cultivo de palto que resulta como producto de la multiplicación del kc de acuerdo a cada etapa fenológica del cultivo y la evapotranspiración (tabla A6 y A7, página 66 – 67 en en anexos: **A.0. Parámetros de la huella hídrica**). Una vez obtenido requerimiento de riego anual se divide entre el rendimiento del cultivo obteniéndose así la huella hídrica azul.

La tabla 7 muestra el resultado de la huella hídrica azul del sector PISCO – 2 que corresponde a 541.273 m³ de agua necesarios para producir una tonelada de palto variedad Hass.

Tabla 7. Huella hídrica azul PISCO – 2.

Información	Cultivo de palto
Rendimiento [t.m ⁻² .año ⁻¹]	0.00068677
Req. Riego. [m.año ⁻¹]	0.37173
Huella hídrica azul [m³.t⁻¹]	541.273

Fuente: Elaboración propia

El valor de la huella hídrica azul para el sector de PISCO – 4 fue de 619.401 m³ de agua que se necesita para producir una tonelada de palto variedad Hass.

Tabla 8. Huella hídrica azul PISCO – 4.

Información	Cultivo de palto
Rendimiento [t.m ⁻² .año ⁻¹]	0.000642088
Req. Riego. [m.año ⁻¹]	0.39771
Huella hídrica azul [m³.t⁻¹]	619.401

Fuente: Elaboración propia

En síntesis, la huella hídrica azul en el distrito de Abancay para la producción de una tonelada de palto variedad Hass corresponde a 1160.674 m³ de agua proveniente de fuentes de agua dulce superficial.

4.3 Huella hídrica gris

La huella hídrica gris se calculó mediante la Ecuación 3 y para ello se considera el tipo de fertilizante empleado en la producción de paltos; para este caso de estudio, los productores utilizan los fertilizantes de la marca comercial YaraMila COMPLEX que resulta un fertilizante complejo con contenido equilibrado de nitrógeno (nitrítico y amoniacal), fósforo, potasio, azufre, magnesio y microelementos (boro, hierro, manganeso y zinc).

Tabla 9. Contenido de nutrientes YaraMila COMPLEX.

Nutrientes	%
N nítrico	5.1
N amoniacal	7.3
P ₂ O ₅	11
K ₂ O	18
MgO	2.7
S	8
B	0.015
Fe	0.2
Zn	0.02
Mn	0.02

Fuente: Yara

Sin embargo, al consultar si los agricultores conocían el valor de lixiviación y escorrentía de este producto, la respuesta fue que no. En vista que esta información es de suma importancia para estimar la huella hídrica gris, el investigador asumió el valor teórico sugerido por Hoesktra del 10% para todo producto químico.

De la información suministrada respecto a la cantidad de fertilizantes usados en el cultivo de palto, se sabe lo siguiente:

Tabla 10. Cantidad de fertilizantes aplicados en la producción de palto variedad Hass.

Nutrientes	Kg/ha
N nítrico	248
*P ₂ O ₅	220
*K ₂ O	360
S	160

Fuente: Elaboración propia

Tomando en cuenta que la Ecuación 3 para estimar la huella hídrica gris considera un valor de fracción de lixiviación y ante la falta de este valor se consideró el valor teórico del 10% de lixiviación del fertilizante, en la tabla 11 se presenta los valores de lixiviación para cada contaminante.

Tabla 11. Cantidad de fertilizantes por fracción de lixiviación.

Nutrientes	Kg/ha	Kg/m ²
*N	24.8	0.00248
*P	9.6070	0.00096070
*K	30.00	0.003000
S	16.00	0.001600

Nota: Para convertir P₂O₅ a P y K₂O a K dividir entre 2.29 y 1.20 respectivamente.

Fuente: Elaboración propia

Por otro lado, uno de los parámetros de entrada para la huella hídrica es conocer la cantidad máxima aceptable de contaminantes o valores máximos permisibles en los cuerpos naturales de agua. Por consiguiente, tomando en cuenta la legislación ambiental de nuestro país para los sulfatos y nitratos se presentan los siguientes valores en la tabla 12.

Tabla 12. Límites máximos permisibles en cuerpos de agua.

Parámetro	Unidad	Concentración máxima	Normativa
Sulfato	mg/L	1000	DS N° 004-2017-MINAM Categoría 3: D1-Riego de vegetales.
Nitrato	mg/L	100	

Fuente: Elaboración propia

También se tiene como parámetro de entrada para el cálculo de la huella hídrica gris la concentración natural del contaminante. Este parámetro puede determinarse mediante análisis de agua en las fuentes de agua que son utilizados para fines de riego. En ese sentido, un estudio realizado sobre evaluación hidrogeológica de la micro cuenca Mariño, reporta los siguientes valores (Condori Quispe, 2016):

Tabla 13. Concentración natural de contaminantes en el cuerpo de agua río Mariño.

Parámetro	Unidad	Concentración
Sulfato	mg/L	117
Nitrato	mg/L	19
Potasio	mg/L	1.7

Fuente: Condori Quispe, (2016).

En la tabla adjunta, se presenta los valores de la diferencia de concentración máxima permisible de contaminantes y la concentración natural del contaminante.

Tabla 14. Diferencia de concentración máxima y natural de contaminantes.

Parámetro	Concentración (mg/L)	Concentración (kg/m ³)
Sulfato	883	0.883
Nitrato	81	0.081

Fuente: Condori Quispe, (2016).

Con la información disponible de las tablas 11 y 14 se obtiene la huella hídrica gris de cada contaminante para el sector PISCO – 2, en la tabla

adjunta, el valor establecido de la huella gris para el contaminante sulfato resulta de 2.6384 m³ de agua necesarios para diluir los contaminantes generados en la producción de una tonelada de palto variedad Hass.

Tabla 15. Huella hídrica gris para el sulfato PISCO – 2.

Información	Cultivo de palto
Rendimiento [t.m ⁻² .año ⁻¹]	0.00068677
Dif. conc. contaminantes [kg.m ⁻³]	0.883
Aporte de fertilizante [kg.m ⁻²]	0.001600
Huella hídrica gris [m³.t⁻¹]	2.6384

Fuente: Elaboración propia

La huella hídrica gris para remover la cantidad de nitrógeno por la producción de una tonelada de palto variedad Hass en el sector PISCO – 2 es de 44.5816 m³ de agua.

Tabla 16. Huella hídrica gris para el nitrógeno PISCO – 2.

Información	Cultivo de palto
Rendimiento [t.m ⁻² .año ⁻¹]	0.00068677
Dif. conc. contaminantes [kg.m ⁻³]	0.081
Aporte de fertilizante [kg.m ⁻²]	0.00248
Huella hídrica gris [m³.t⁻¹]	44.5816

Fuente: Elaboración propia

El cálculo de la huella hídrica gris para remover el contaminante sulfato en el sector PISCO – 4 fue de 2.8221 m³ de agua por tonelada de palto variedad Hass producido, tal como se muestra en la tabla 17.

Tabla 17. Huella hídrica gris para el sulfato PISCO – 4.

Información	Cultivo de palto
Rendimiento [t.m ⁻² .año ⁻¹]	0.000642088
Dif. conc. contaminantes [kg.m ⁻³]	0.883
Aporte de fertilizante [kg.m ⁻²]	0.001600
Huella hídrica gris [m³.t⁻¹]	2.8221

Fuente: Elaboración propia

De igual forma, la cantidad de agua necesaria para remover el contaminante nitrógeno fue de 47.6839 m³ de agua durante la producción de una tonelada de palto variedad Hass (ver tabla 18).

Tabla 18. Huella hídrica gris para el nitrógeno PISCO – 4.

Información	Cultivo de palto
Rendimiento [t.m ⁻² .año ⁻¹]	0.000642088
Dif. conc. contaminantes [kg.m ⁻³]	0.081
Aporte de fertilizante [kg.m ⁻²]	0.00248
Huella hídrica gris [m³.t⁻¹]	47.6839

Fuente: Elaboración propia

Importante señalar que estos valores fueron contemplados para un determinado producto agrícola, sin embargo, la producción de paltos en las localidades de estudio contempla el uso de otros insumos de origen químico tales como insecticidas, abonos foliares y otros, que deberán ser considerados en estudios próximos a fin de no generar subestimación en los volúmenes de agua gris.

El volumen de agua gris necesario para remover los contaminantes y producir una tonelada de palto cultivar Hass es de 97.726 m³.

En la figura 14, se presenta las huellas hídricas por cada sector evaluado y al realizar el análisis se afirma que la mayor cantidad de aporte hídrico fue producto de las lluvias (huella hídrica verde), sin embargo, dada las condiciones de la baja tecnificación del riego (predomina el riego por

gravedad) en la producción de palto es por lo que se tiene un consumo de agua azul elevado que si bien con un adecuado manejo en la gestión del agua resulta viable obtener una menor huella hídrica azul. Además, se observa que la cantidad de agua gris (huella gris) es baja en comparación de las demás huellas, esto se debe principalmente al nivel tecnológico de los productores de palto que no recurren a una explotación intensiva (mayor uso de fertilizantes).

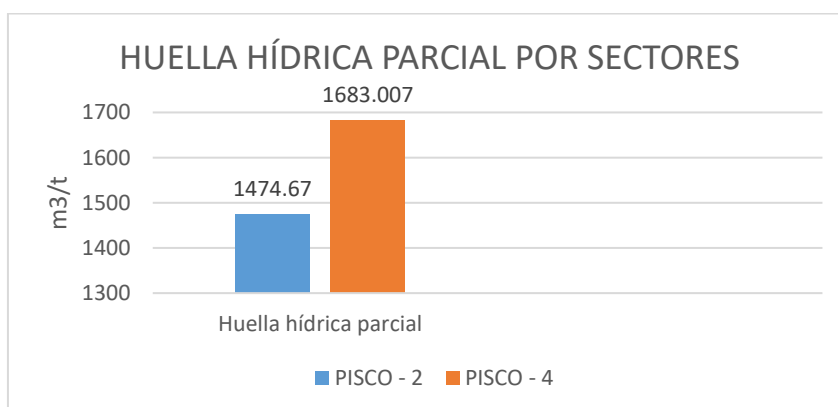
Figura 14. Huella hídrica por sector.



Fuente: Elaboración propia.

En suma, la huella hídrica total en la producción de paltos fue de 3157.677 m³ de agua en las localidades de estudio (suma de las huellas hídricas parciales por cada sector, ver figura 15).

Figura 15. Huella hídrica parcial por sector.



Fuente: Elaboración propia.

La división del micro cuenca por sectores de influencia de las estaciones sintéticas generadas se hizo con la finalidad de reducir el error introducido producto de la variabilidad espacial de las variables climáticas.

En la micro cuenca Mariño el promedio de la huella hídrica presenta un valor de 3157.677 m³/t de agua que en comparación al valor encontrado por **Rojas (2019)**, de 416.84 m³/t, para la obtención de palta variedad Hass con fines de exportación, la sitúan por debajo de los resultados aquí encontrados. Esto es atribuible a una mejora en la tecnificación del riego y una mejor administración del agua.

En cuanto al análisis cada componente de la huella hídrica, estudios realizados por **Ovalle (2012)**, reporta una huella hídrica verde, azul y gris con valores de 8 m³/t, 493 m³/t y 547 m³/t respectivamente; que comparados con la huella hídrica verde y azul, de valores 1899.28 m³/t y 1160.67 m³/t, resultan inferiores; esto se debe a dos factores el primero por la ubicación geográfica, los estudios de este investigador tuvieron lugar en la región de Coquimbo en Chile que se caracteriza por una zona donde no ocurren muchos eventos de precipitación y el segundo factor se debe a la tecnificación del riego para sus sistemas productivos lo que le permite producir con una mayor eficiencia en la dotación del agua. Sin embargo, dada su alta tecnificación productiva conlleva que también empleen mayor cantidad de fertilizantes elevando la huella hídrica gris que resulta superior a la huella gris, de valor 97.726 m³/t del sistema productivo de palto en la micro cuenca Mariño.

Los estudios realizados por **Novoa (2016)**, reportaron que la huella hídrica verde, azul y gris en el cultivo de palto alcanzaron valores de 156 m³/t,

1035 m³/t y 285 m³/t respectivamente que comparados con los hallados en este estudio resultaron inferiores a excepción de la huella hídrica gris. Este contexto productivo indica que en la zona de cuenca del río Chachapoal, donde tuvo lugar el estudio, están sujetos a la variabilidad climática que incide en su disponibilidad del uso del agua, por un lado, se observa que la huella hídrica verde no es la más dependiente en la producción de palto, muy por el contrario, los agricultores de la cuenca del río Chachapoal están más ligados a la dependencia del riego en épocas secas además que el método de riego para la producción de paltos se da por gravedad lo que explica su elevado consumo en la huella hídrica azul. De otra parte, la elevada huella hídrica gris se debe a que la producción de paltos emplea grandes cantidades de fertilizantes nitrogenados. Por tanto, el flujo de agua que determina el tipo de huella hídrica en la producción de paltos a nivel de cuenca hidrográfica está condicionado por las variaciones de precipitación a nivel temporal.

A una escala nacional, la huella hídrica del cultivo de palto se encuentra en 715 m³/t según los resultados obtenidos por **Pegram et al., (2015)**, sin embargo los resultados aquí presentados muestran una mejor resolución de las condiciones existentes en la producción de palto de valles interandinos que en su mayoría son sistemas productivos con escasa tecnificación del riego.

Asimismo, el comportamiento de la huella hídrica en la micro cuenca Mariño no es uniforme, se observa que el cultivo de palto variedad Hass tiene una mayor huella hídrica verde esto debido a que la micro cuenca

se ubica en la sierra en donde la presencia de lluvias se caracteriza por ser estacional.

En ese sentido, tanto los estudios reportados como el que se presentan aquí concuerdan que la huella hídrica es la de mayor importancia agrícola.

CONCLUSIONES

La huella hídrica verde en las localidades de estudio genera valores de 1899.277 m³ para la producción de una tonelada de palto variedad Hass, siendo el agua de lluvia la principal fuente de aporte hídrico en la obtención de frutos de palto.

En el caso de la huella hídrica azul, se obtuvo un resultado de 1160.674 m³/t siendo el segundo consumo de agua de mayor importancia en la zona de estudio. Esto indica que la producción de palto variedad Hass dependió del agua almacenada aplicada por riego y que el aporte de agua de lluvia no fue muy significativo, dado que los requerimientos de riego ocurrieron en los meses de estiaje. Sin embargo, su magnitud o valor es elevado a causa de una mala gestión en el uso del agua para riego, debido a que en la zona de estudio se tiene caso de eficiencias de riego por debajo del 40% (riego por gravedad).

La estimación de la huella hídrica gris fue realizada considerando el hecho de que la producción de paltos en las localidades de estudio solo depende de los fertilizantes granulados. En este estudio, se evidencia que el consumo de agua gris es la presenta menor huella, con un valor de 97.726 m³/t en la producción de paltos y que este resultado podría indicar que el aporte de sus aguas contaminadas tiene un efecto negativo hacia un cuerpo hídrico receptor (río Pachachaca).

RECOMENDACIONES

Se recomienda en futuros estudios de huella hídrica de cultivos agrícolas incrementar la información necesaria para su estimación, tales como insumos totales en la producción de un determinado cultivo; análisis de laboratorio de calidad del agua de las principales fuentes hídricas que son usadas con fines de riego y análisis de suelo con fines de riego.

Por otro lado, en estudios posteriores de huella hídrica es recomendable emplear instrumentos como contadores de caudal y sensores de humedad para estimar la huella hídrica azul a fin de que la información obtenida resulte más precisa.

También se recomienda que los productores dedicados al cultivo de palto puedan tecnificar su sistema productivo, emplear insumos de origen orgánico y biofertilizantes además de la instalación de sistemas presurizados para riego tecnificado.

BIBLIOGRAFÍA

- Agustí, M. (2010). *Fruticultura*. Madrid: Mundi - Prensa.
- Arias, F. (2012). *I Proyecto de Investigación. Introducción a la metodología científica. (6ª Edición)*. Caracas: Episteme.
- Arias-Gómez, J., Villasís-Keever, M., & Miranda-Novales, M. (2016). El protocolo de investigación III: la población de estudio. *Rev Alerg Méx*, 63(2), 201-206.
- Bernal, E., & Díaz, D. (2008). *Tecnología para el cultivo de aguacate*. Colombia: CORPOICA.
- Boyacioglu, H., Franke, N., & Hoekstra, A. (2013). *Grey water footprint accounting*. UNESCO - IHE.
- Centro Nacional de Información de la Calidad. (2012). *La huella hídrica*. Madrid: Asociación Española para la Calidad.
- Condori Quispe, E. (2016). Evaluación hidrogeológica de la micro cuenca Mariño - Apurímac. Abancay: Universidad Nacional del Altiplano.
- Dirección General de Información Agraria del Perú. (2008). *Estudio de palta en el Perú y en el mundo*. Lima: MINAGRI.
- Doorenbos, J., & Pruitt, W. (1977). *Guidelines for predicting crop water requirements*. Irrigation and Drainage. Food and Agriculture Organization of the United Nations.
- Godínez, A., Martínez, H., Melgar, C., & Méndez, J. (2000). *El cultivo del aguacate en Guatemala*. Guatemala: PROFRUTA - MAGA.
- Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C., & Baptista Lucio, M. (2010). *Metodología de la investigación*. México D.F: McGRAW-HILL.

- Hoekstra, A. (2009). *Human appropriation of natural capital: A comparison of ecological footprint and water footprint analysis*. USA: Ecological Economics.
- Hoekstra, A., Chapagain, A., Aldaya, M., & Mekonnen, M. (2009). *Water footprint manual*. Netherlands.
- Instituto de Investigaciones Agropecuarias Chile. (2010). *El cultivo de palto*. Chile: INIA.
- Jensen, M., Burman, R., & Allen, R. (1990). *Evapotranspiration and Irrigation Water Requirements*. New York: ASCE.
- López Benites, Raúl Diego. (2019). Metodología para la determinación de la huella hídrica del cultivo de papa empleando riego por goteo, en la UNALM. Lima, Perú: Universidad Nacional Agraria La Molina.
- Ministerio de Agricultura y Riego. (2014). *Requerimientos Agroclimáticos del cultivo de palto*. Lima: MINAGRI.
- Ministerio de Agricultura y Riego del Perú. (2015). *El cultivo de palto en el Perú*. Lima: MINAGRI.
- Musy, A. (2001). *Cours "Hydrologie generale"*. Francia: Ecole Polytechnique Federale de Lausanne.
- Novoa, V. (2016). *Huella hídrica de la cuenca del río Cachapoal para la evaluación de la sostenibilidad ambiental*. Concepción: Universidad de Concepción.
- Ovalle, M. (2012). *Estimación de la huella hídrica de cultivos con potencial bioenergetico en la provincia de Limari, Región de Coquimbo, Chile*. Santiago de Chile: Universidad de Chile.
- Palacios López, D., & Pinzón Villalobos, W. A. (2019). Determinación de la huella hídrica en el cultivo de palma de aceite en la empresa Guaicaramo S.A localizada en Barranca de Upia, Meta. Colombia: Universidad de la Salle.

- Palella, S., & Martins, F. (2008). *Metodología de la Investigación Cuantitativa (2ª Edición)*. Caracas: FEDUPEL.
- Pegram, G., Conyngam, S., Álvarez, C., Orr, S., Germaná, C., Riveros, J., . . . Mariluz, J. P. (2015). *Huella Hídrica del Perú. Sector agropecuario*. Perú: MINAGRI - ANA - WWF.
- Penman, H. (1956). Evaporation, an introductory survey. *Netherlands Journal of Agricultural Science*.
- Rendón, E. (2015). *La huella hídrica del sector agropecuario del Perú*. Lima: MINAGRI.
- Rimache, M. (2007). *Cultivo de paltos*. Editora Macro EIRL.
- Rojas Falconi, C. L. (2019). *Huella hídrica en la obtención de palta (Persea americana) variedad Hass para exportación*. Trujillo, Perú: Universidad Nacional de Trujillo.
- SAGARPA. (2005). *Uso de fertilizantes*. México: Colegio de Posgraduados - IRENAT.
- SENAMHI. (2015). *Generación de base de datos de precipitación mensual grillada a alta resolución a nivel nacional 1981 - 2013*. Lima.
- World Wildlife Fund. (2012). *Huella hídrica en México en el contexto de Norteamérica*.
Obtenido de <http://www.huellahidrica.org/Reports/AgroDer,%202012.%20Huella%20h%C3%ADdrica%20en%20M%C3%A9xico.pdf>

ANEXOS

A.0 Parámetros de la huella hídrica

Estimación del rendimiento

Uno de los parámetros de cálculo de la huella hídrica corresponde al rendimiento del cultivo en estudio, por lo tanto, para nuestro estudio se registra el rendimiento del cultivo de palto de las 97 unidades productivas (ver en anexos: **A.7 Mapa de ubicación de las parcelas**, página 100) , correspondientes a los 75 productores evaluados, ubicados en la micro cuenca Mariño, en ese entender, las zonas de producción de palto variedad Hass han sido clasificadas en dos sectores sin considerar su división política administrativa. Esta clasificación se realiza tomando en cuenta el ámbito de influencia de cada estación meteorológica sintética generada, tomando en consideración que estas estaciones tienen una escala espacial de 11 km² y en función de este alcance o influencia espacial se ha podido identificar que son las estaciones PISCO – 2 y PISCO – 4 las que dentro de su alcance se ubican las unidades agrícolas donde se produce palto; se ha optado por esta clasificación con el fin de facilitar los cálculos que permitan cuantificar la huella hídrica total. Por consiguiente, en la tabla A1, se presenta la información, concerniente al primer sector, de la superficie instalada de palto y el rendimiento obtenido durante la campaña 2019 – 2020 de las 28 unidades agrícolas evaluadas dentro del ámbito de la estación sintética PISCO – 2 (ver en anexos: **A.8 Ámbito de influencia de las estaciones sintéticas generadas**, página 101).

Tabla A 1. Rendimiento por superficie sembrada sector PISCO - 2.

Id	Superficie (ha)	Rendimiento (kg)	Obs.
46	0.19	1520	Producción
47	0.26	1937	Producción
48	0.24	1881.6	Producción
49	0.16	1232	Producción
50	0.39	3120	Producción
51	0.41	3034	Producción
52	0.7	5355	Producción
53	0.14	1054.2	Producción
54	0.17	1394	Producción
55	0.1	733	Producción
56	0.1	783	Producción
57	0.04	300	Producción
66	0.23	1771	Producción
67	0.03	237	Producción
68	0.25	1950	Producción
69	0.04	300	Producción
70	0.04	296	Producción
62	1.05	2625	3 años
72	0.24	1920	Producción
80	0.23	1817	Producción
81	0.14	1106	Producción
83	0.07	535.5	Producción
87	0.24	1788	Producción
88	0.08	628	Producción
89	0.22	1742.4	Producción
90	0.08	629.6	Producción
93	0.16	1227.2	Producción
97	0.27	2143.8	Producción
TOTAL	6.27	43060.3	

Fuente: Elaboración propia.

Mientras que, la tabla A2, muestra el rendimiento total de las unidades productivas situadas dentro del ámbito de la estación sintética PISCO – 4 (71 parcelas productivas, ver en anexos: **A.8 Ámbito de influencia de las estaciones sintéticas generadas**, página 101).

Tabla A 2. Rendimiento total por superficie sembrada sector PISCO – 4.

Id	Superficie (ha)	Rendimiento (kg)	Obs.
1	3.05	7930	3 años
2	1.01	2424	3 años
3	0.18	396	3 años
4	0.18	1386	Producción
5	0.29	2320	Producción
6	1.11	8214	Producción
7	0.56	4284	Producción
8	0.17	1280.1	Producción
9	0.49	4018	Producción
10	0.12	879.6	Producción
12	2.63	20592.9	Producción
11	0.91	6825	Producción
14	1.01	7777	Producción
13	0.36	2844	Producción
16	0.21	1638	Producción
15	0.37	2775	Producción
17	0.06	444	Producción
18	0.57	1425	Producción
19	0.07	560	Producción
29	0.16	1264	Producción
21	1.61	12719	Producción
22	0.11	841.5	Producción
23	0.06	447	Producción
24	0.06	471	Producción
25	0.47	3722.4	Producción
26	0.32	2518.4	Producción

27	0.35	2684.5	Producción
20	0.16	1270.4	Producción
28	0.08	593.6	Producción
30	0.09	711.9	Producción
31	0.09	670.95	Producción
33	2.01	16080	Producción
34	0.09	711	Producción
32	0.25	1970	Producción
36	0.4	3068	Producción
35	0.17	1300.5	Producción
36	0.51	4080	Producción
37	0.2	1600	Producción
38	0.18	1332	Producción
40	0.34	2577.2	Producción
39	0.15	1114.5	Producción
41	0.25	1988.5	Producción
42	0.75	5343	Producción
42	0.1	760	Producción
43	0.12	878.52	Producción
44	0.13	999.83	Producción
45	0.1	789	Producción
46	0.08	611.6	Producción
58	0.22	1722.6	Producción
59	0.24	1812	Producción
60	0.26	1931.8	Producción
61	0.1	764	Producción
63	0.04	315.6	Producción
64	0.04	301.2	Producción
65	0.15	1183.5	Producción
71	0.17	1309	Producción
73	0.06	420	Producción
74	0.09	675	Producción
75	0.08	640	Producción
77	0.18	1440	Producción

78	0.49	3748.99	Producción
84	0.53	4038.6	Producción
85	0.11	825	Producción
86	0.13	983.32	Producción
82	0.16	1280	Producción
91	0.1	200	3 años
92	2.18	4578	3 años
94	0.15	1200	Producción
95	0.51	3855.6	Producción
96	0.15	1080	Producción
TOTAL	28.88	185435.11	

Fuente: Elaboración propia.

De la información mostrada, la cual se obtuvo en la fase de visitas a las unidades productivas, se puede observar que en total son 35.15 hectáreas que han producido durante la campaña 2019 – 2020 la cantidad de 228495.41 kilogramos de palta variedad Hass.

Por otra parte, en el anexo **A.12 Lista de productores** de la página 116 – 118 se detalla el nombre de los productores de las tablas A1 y A2.

Precipitación efectiva

Se calculó la precipitación efectiva de las estaciones meteorológicas sintéticas PISCO – 2 y PISCO – 4, empleando el software CROPWAT v.8.0 con el método USDA S.C (recomendado por la FAO).

En la tabla A3, se observa los resultados de la precipitación efectiva de la estación PISCO – 2.

Tabla A 3. Precipitación efectiva estación PISCO – 2.

MESES	Prep (mm)	Prep. Efec (mm)	Prep. Efec (m)
Enero	117.20	95.2	0.0952
Febrero	180.59	128.4	0.1284
Marzo	133.78	105.1	0.1051

Abril	37.91	35.6	0.0356
Mayo	12.18	11.9	0.0119
Junio	5.04	5.0	0.0050
Julio	5.44	5.4	0.0054
Agosto	8.59	8.5	0.0085
Setiembre	29.41	28	0.0280
Octubre	44.57	41.4	0.0414
Noviembre	66.52	59.4	0.0594
Diciembre	101.08	84.7	0.0847
Total	742.31	608.6	0.6086

Fuente: Elaboración propia

Respecto a la información proveniente de la estación meteorológica sintética PISCO - 4, la tabla A4 muestra la serie de datos de precipitación efectiva.

Tabla A 4. Precipitación efectiva estación PISCO – 4.

MESES	Prep (mm)	Prep. Efec (mm)	Prep. Efec (m)
Enero	153.23	116.20	0.11620
Febrero	181.74	128.90	0.12890
Marzo	128.88	102.30	0.10230
Abril	47.95	44.30	0.04430
Mayo	7.55	7.50	0.00750
Junio	2.20	2.20	0.00220
Julio	10.15	10.00	0.01000
Agosto	12.32	12.10	0.01210
Setiembre	16.10	15.70	0.01570
Octubre	46.70	43.20	0.04320
Noviembre	76.17	66.90	0.06690
Diciembre	127.01	101.20	0.10120
Total	810.00	650.50	0.65050

Fuente: Elaboración propia

Se observa que la precipitación efectiva, en los ámbitos de las estaciones PISCO – 2 y PISCO – 4, es la principal fuente de agua para el cultivo de palto variedad Hass del distrito de Abancay.

Evapotranspiración de referencia (Eto)

La evapotranspiración de referencia fue obtenida mediante el producto grillado PISCO considerando información histórica de 39 años. El método que emplea PISCO para estimar la evapotranspiración de referencia corresponde al de Hargreaves y Samani. En el área de estudio, las unidades productivas se encuentran en el ámbito de influencia de las estaciones sintéticas PISCO – 2 y PISCO – 4, por lo tanto, la estimación de la evapotranspiración de referencia consideró la información proveniente de esas dos estaciones sintéticas. En la tabla A5, se presenta los valores de la evapotranspiración de referencia.

Tabla A 5. Evapotranspiración de referencia mensualizado (mm).

MESES	PISCO – 2	PISCO – 4
Enero	87.68	94.63
Febrero	81.60	85.76
Marzo	88.24	95.22
Abril	86.89	92.07
Mayo	90.46	94.63
Junio	86.09	88.77
Julio	87.39	92.54
Agosto	85.91	91.22
Setiembre	81.99	87.12
Octubre	85.40	90.77
Noviembre	83.71	90.28
Diciembre	85.83	92.69

Fuente: Elaboración propia

Requerimiento hídrico del cultivo de palto

El requerimiento hídrico del cultivo de palto es equivalente numéricamente a la evapotranspiración del cultivo.

En la tabla A6, se presenta los valores del requerimiento hídrico del cultivo de palto situado en el área de influencia de la estación sintética meteorológica PISCO – 2.

Tabla A 6. Requerimiento hídrico del cultivo de palto (mm) PISCO – 2.

MESES	ETAPA	Kc	Eto (mm.mes ⁻¹)	Req. Hídrico (mm.mes ⁻¹)
Enero	Intermedio	0.80	87.68	70.14
Febrero	Final	0.80	81.60	65.28
Marzo	Final	0.80	88.24	70.59
Abril	Inicio	0.75	86.89	65.17
Mayo	Inicio	0.75	90.46	67.85
Junio	Desarrollo	0.85	86.09	73.18
Julio	Desarrollo	0.85	87.39	74.28
Agosto	Desarrollo	0.85	85.91	73.02
Setiembre	Desarrollo	0.85	81.99	69.69
Octubre	Desarrollo	0.85	85.40	72.59
Noviembre	Desarrollo	0.85	83.71	71.15
Diciembre	Intermedio	0.85	85.83	72.96

Fuente: Elaboración propia

Del mismo modo, en la tabla A7, se tiene el valor del requerimiento hídrico del cultivo de palto ubicado en el área de influencia de la estación sintética meteorológica PISCO – 4.

Tabla A 7. Requerimiento hídrico del cultivo de palto (mm) PISCO – 4.

MESES	ETAPA	Kc	Eto (mm.mes ⁻¹)	Req. Hídrico (mm.mes ⁻¹)
Enero	Intermedio	0.80	94.63	75.70
Febrero	Final	0.80	85.76	68.61
Marzo	Final	0.80	95.22	76.18
Abril	Inicio	0.75	92.07	69.05
Mayo	Inicio	0.75	94.63	70.97
Junio	Desarrollo	0.85	88.77	75.45
Julio	Desarrollo	0.85	92.54	78.66
Agosto	Desarrollo	0.85	91.22	77.54

Setiembre	Desarrollo	0.85	87.12	74.05
Octubre	Desarrollo	0.85	90.77	77.15
Noviembre	Desarrollo	0.85	90.28	76.74
Diciembre	Intermedio	0.85	92.69	78.79

Fuente: Elaboración propia

Requerimiento de riego del cultivo de palto

Su cálculo fue estimado mediante la diferencia del requerimiento hídrico del cultivo de palto variedad Hass y la precipitación efectiva.

El requerimiento de riego correspondiente al sector PISCO – 2 se presenta en la tabla A8, siendo los meses de enero hasta marzo donde no se considera el uso de agua de riego porque en esos meses el agua proviene de las lluvias por tal motivo se considera como requerimiento de 0 mm/mes¹.

Tabla A 8. Requerimiento de riego del cultivo de palto (mm) PISCO – 2.

MESES	ETAPA	Prep. Efec.	Req. Hídrico (mm.mes ⁻¹)	Req. Riego (mm.mes ⁻¹)
Enero	Intermedio	95.2	70.14	0.00
Febrero	Final	128.4	65.28	0.00
Marzo	Final	105.1	70.59	0.00
Abril	Inicio	35.6	65.17	29.57
Mayo	Inicio	11.9	67.85	55.95
Junio	Desarrollo	5.0	73.18	68.18
Julio	Desarrollo	5.4	74.28	68.88
Agosto	Desarrollo	8.5	73.02	64.52
Setiembre	Desarrollo	28	69.69	41.69
Octubre	Desarrollo	41.4	72.59	31.19
Noviembre	Desarrollo	59.4	71.15	11.75
Diciembre	Intermedio	84.7	72.96	0.00
Total		608.60	845.9	371.73

Fuente: Elaboración propia

La información de requerimiento de riego del cultivo de palto variedad Hass del sector PISCO – 4 se muestra en la siguiente tabla.

Tabla A 9. Requerimiento de riego del cultivo de palto (mm) PISCO – 4.

MESES	ETAPA	Prep. Efec.	Req. Hídrico (mm.mes ⁻¹)	Req. Riego (mm.mes ⁻¹)
Enero	Intermedio	116.20	75.70	0.00
Febrero	Final	128.90	68.61	0.00
Marzo	Final	102.30	76.18	0.00
Abril	Inicio	44.30	69.05	24.75
Mayo	Inicio	7.50	70.97	63.47
Junio	Desarrollo	2.20	75.45	73.25
Julio	Desarrollo	10.00	78.66	68.66
Agosto	Desarrollo	12.10	77.54	65.44
Setiembre	Desarrollo	15.70	74.05	58.35
Octubre	Desarrollo	43.20	77.15	33.95
Noviembre	Desarrollo	66.90	76.74	9.84
Diciembre	Intermedio	101.20	78.79	0.00
Total		650.50	898.89	397.71

Fuente: Elaboración propia

De la información obtenida de los requerimientos de riego por cada ámbito de influencia se observa que el aporte de la precipitación resulta útil durante los meses de diciembre, enero y marzo, coincidentemente con el inicio de las lluvias.

A.1 Panel fotográfico

Figura 16. Palto variedad Hass en plena producción.



Fuente: Recopilación propia.

Figura 17. Evaluación de distanciamiento en palto variedad Hass.



Fuente: Recopilación propia.

Figura 18. Conteo de frutos palto variedad Hass.



Fuente: Recopilación propia.

Figura 19. Verificación de la carga de frutos.



Fuente: Recopilación propia.

Figura 20. Verificación del cuajado masivo de frutos variedad Hass.



Fuente: Recopilación propia.

Figura 21. Formación del fruto.



Fuente: Recopilación propia.

Figura 22. Socialización al productor sobre el manejo de cultivo de palta.



Fuente: Recopilación propia.

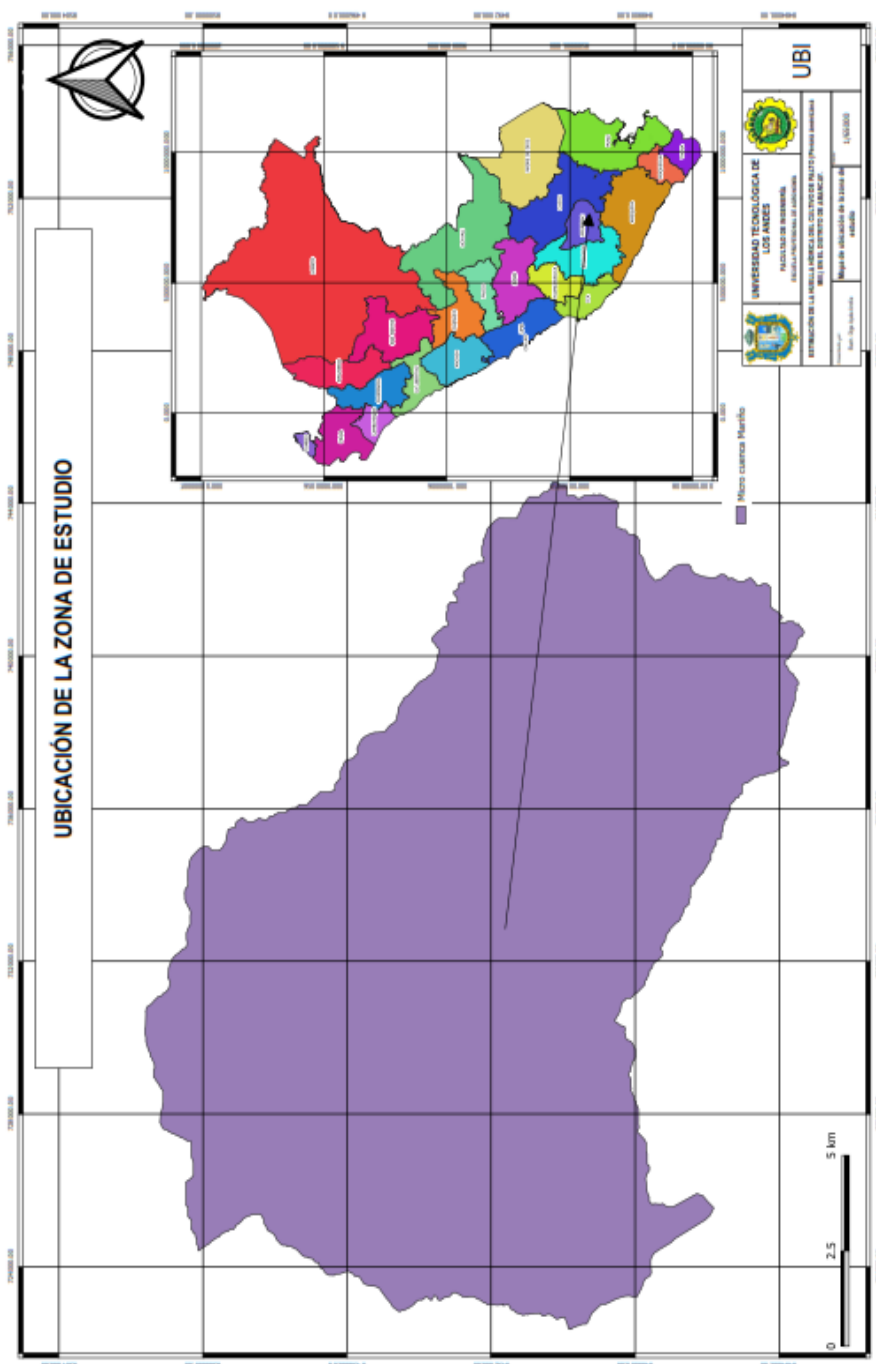
Figura 23. Entrevista con productores de palto variedad Hass.



Fuente: Recopilación propia.

A.2 Mapa de ubicación del ámbito de estudio.

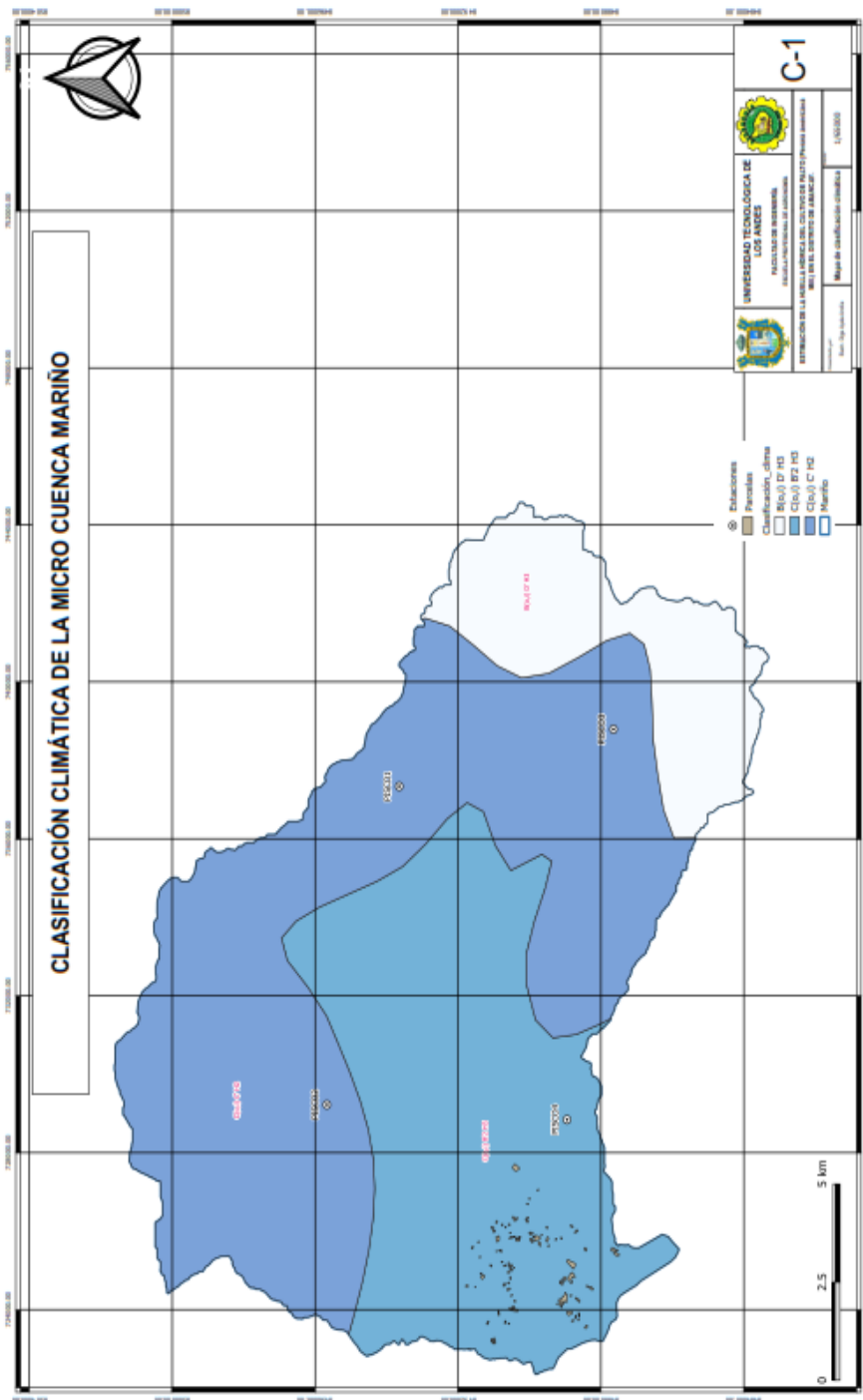
Figura 24. Mapa de ubicación de la zona de estudio.



Fuente: Elaboración propia.

A.3 Clasificación climática de la micro cuenca Mariño.

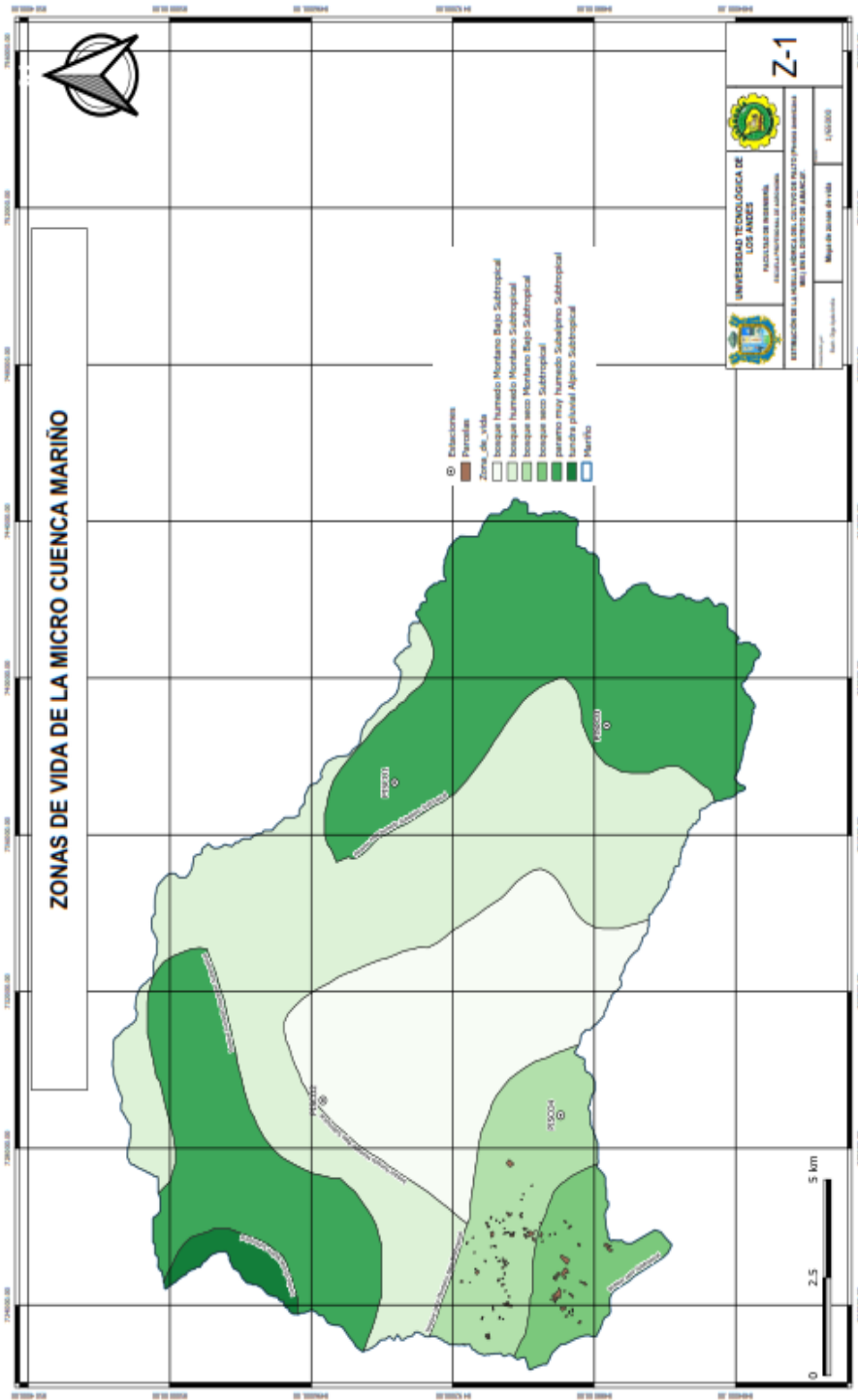
Figura 25. Mapa de clasificación climática de la micro cuenca Mariño.



Fuente: Elaboración propia.

A.4 Zonas de vida en la micro cuenca Mariño.

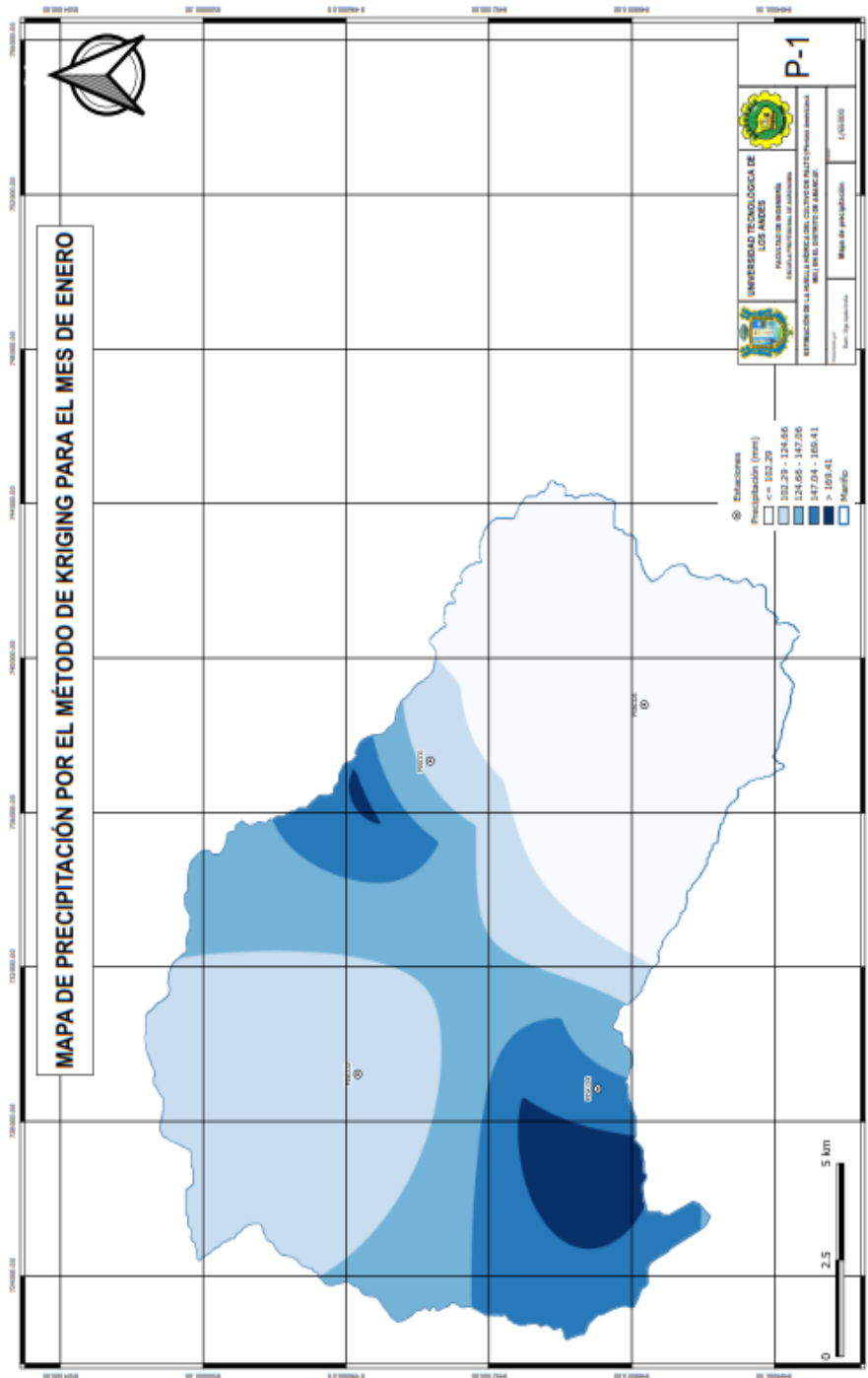
Figura 26. Mapa de zonas de vida en la micro cuenca Mariño



Fuente: Elaboración propia

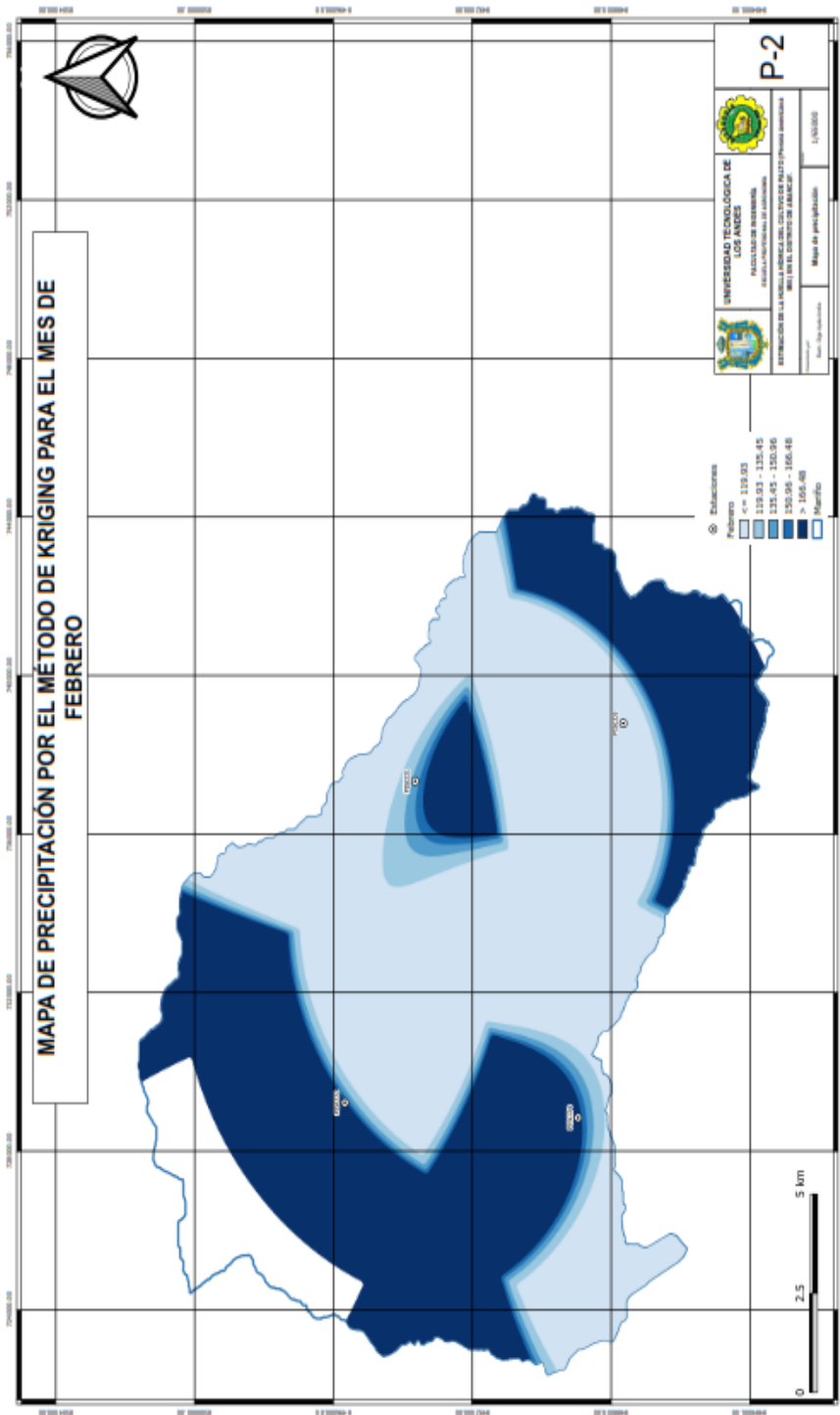
A.5 Mapa de precipitaciones.

Figura 27. Mapa de precipitación media del mes de enero en la micro cuenca Mariño.



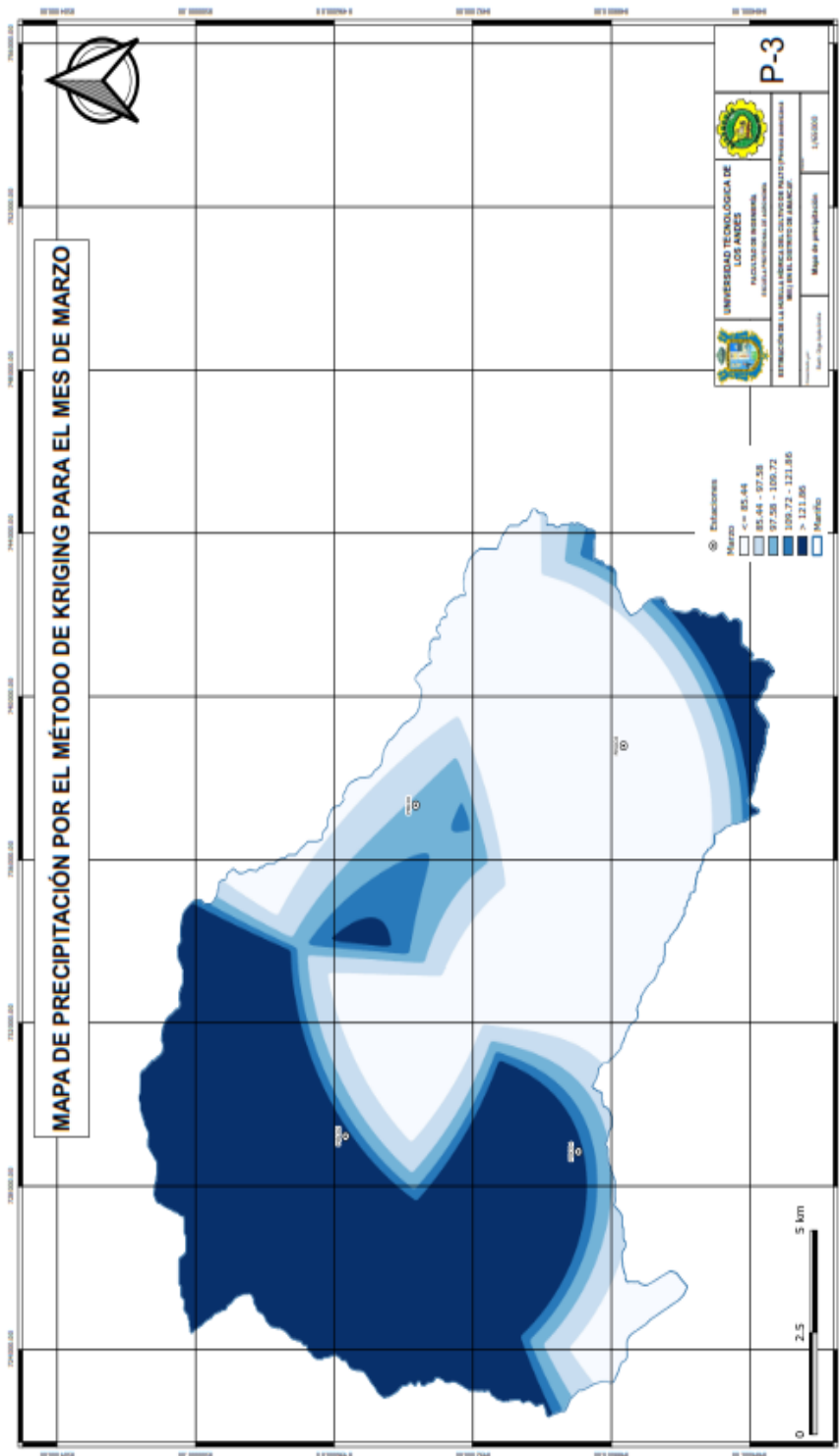
Fuente: Elaboración propia.

Figura 28. Mapa de precipitación media del mes de febrero en la micro cuenca Mariño.



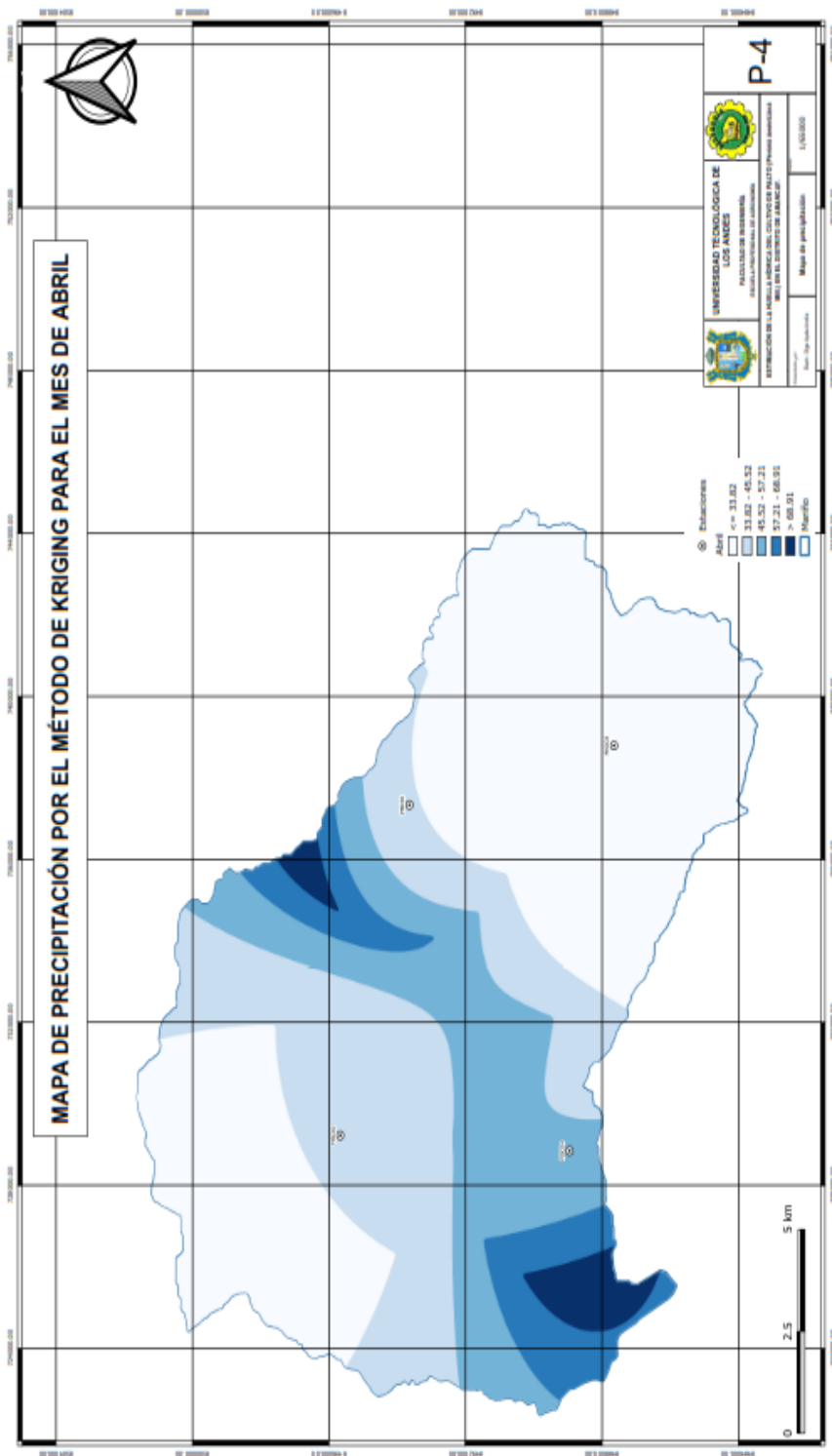
Fuente: Elaboración propia.

Figura 29. Mapa de precipitación media del mes de marzo en la micro cuenca Mariño.



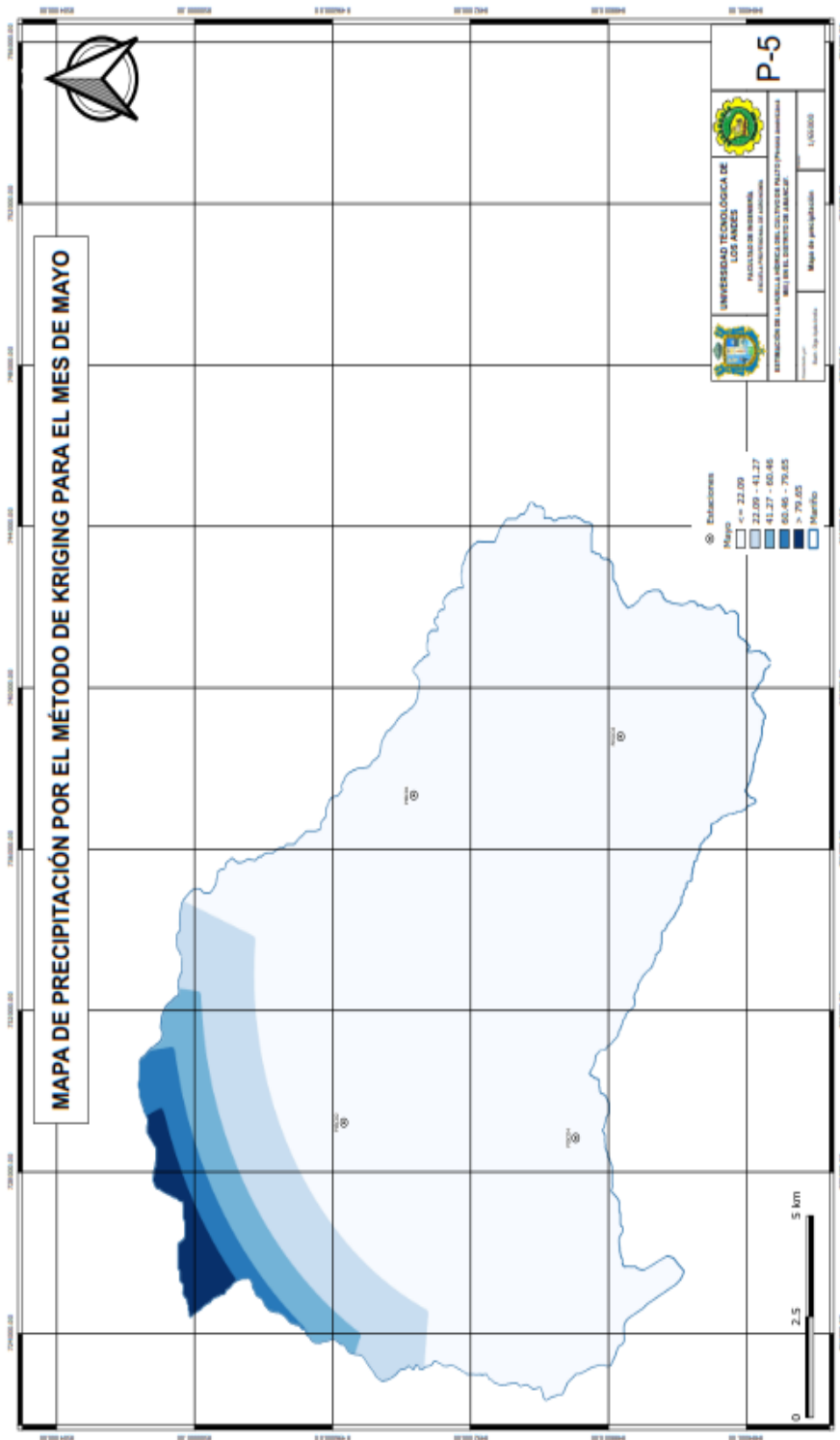
Fuente: Elaboración propia.

Figura 30. Mapa de precipitación media del mes de abril en la micro cuenca Mariño.



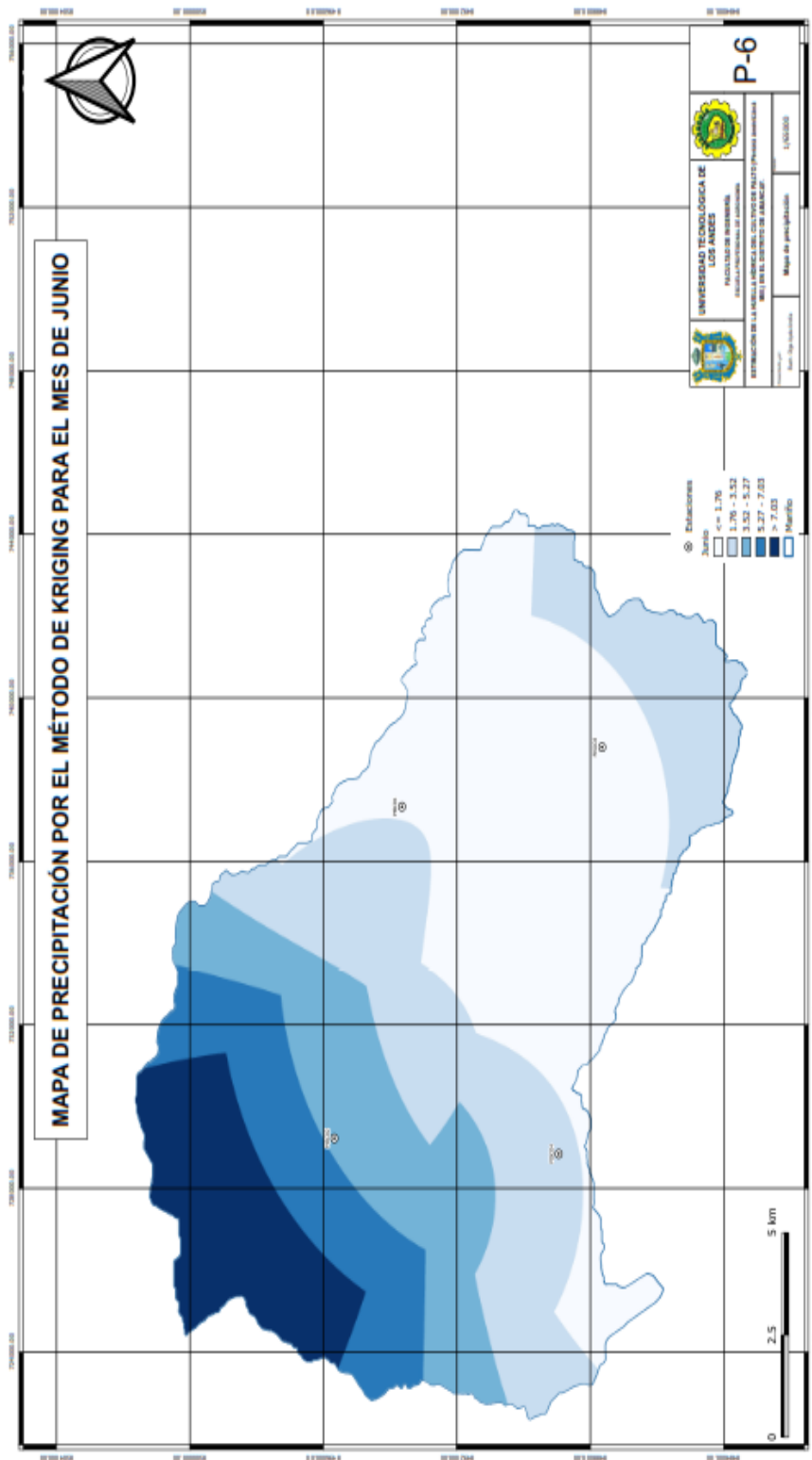
Fuente: Elaboración propia.

Figura 31. Mapa de precipitación media del mes de mayo en la micro cuenca Mariño.



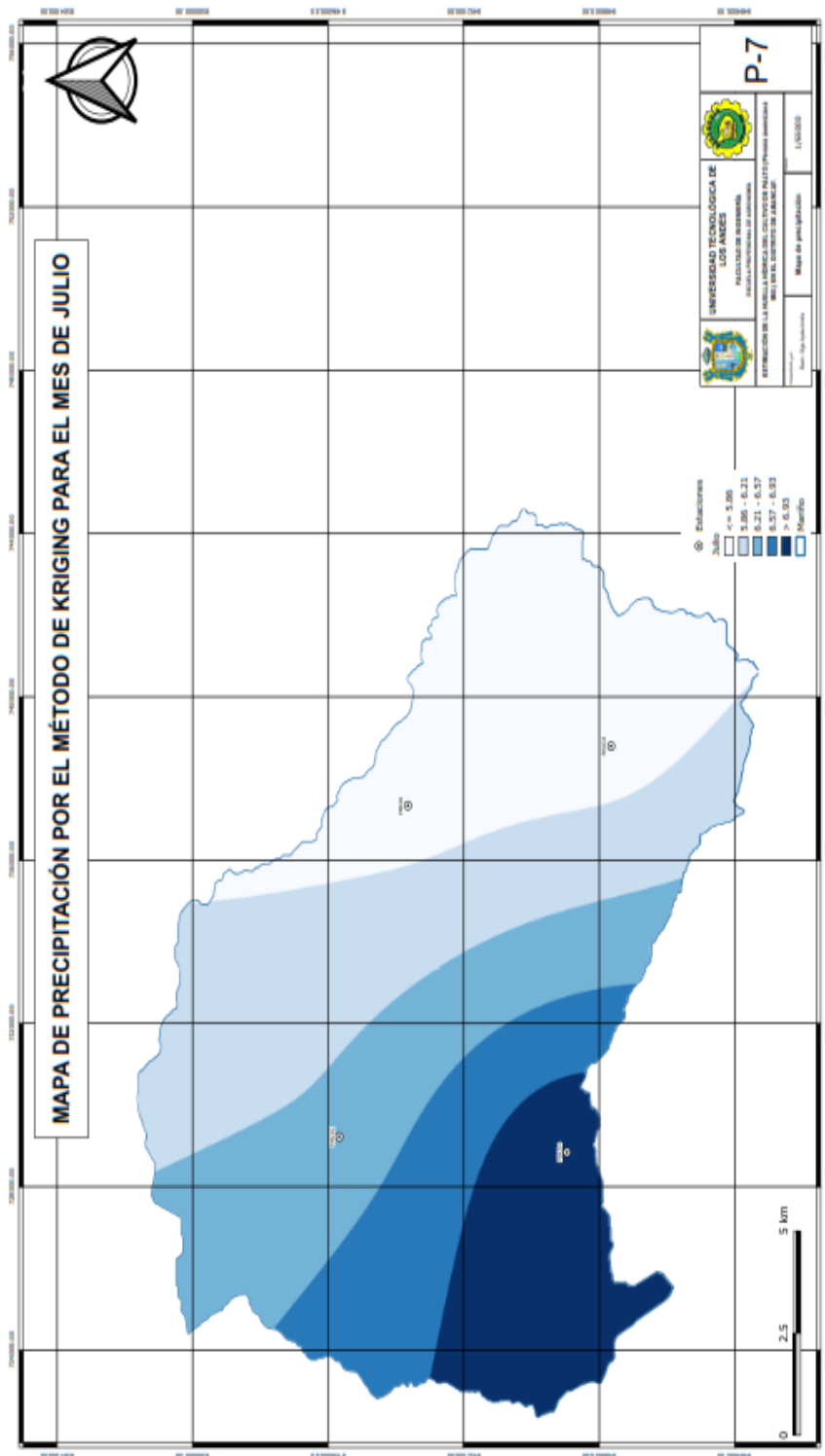
Fuente: Elaboración propia.

Figura 32. Mapa de precipitación media del mes de junio en la micro cuenca Mariño.



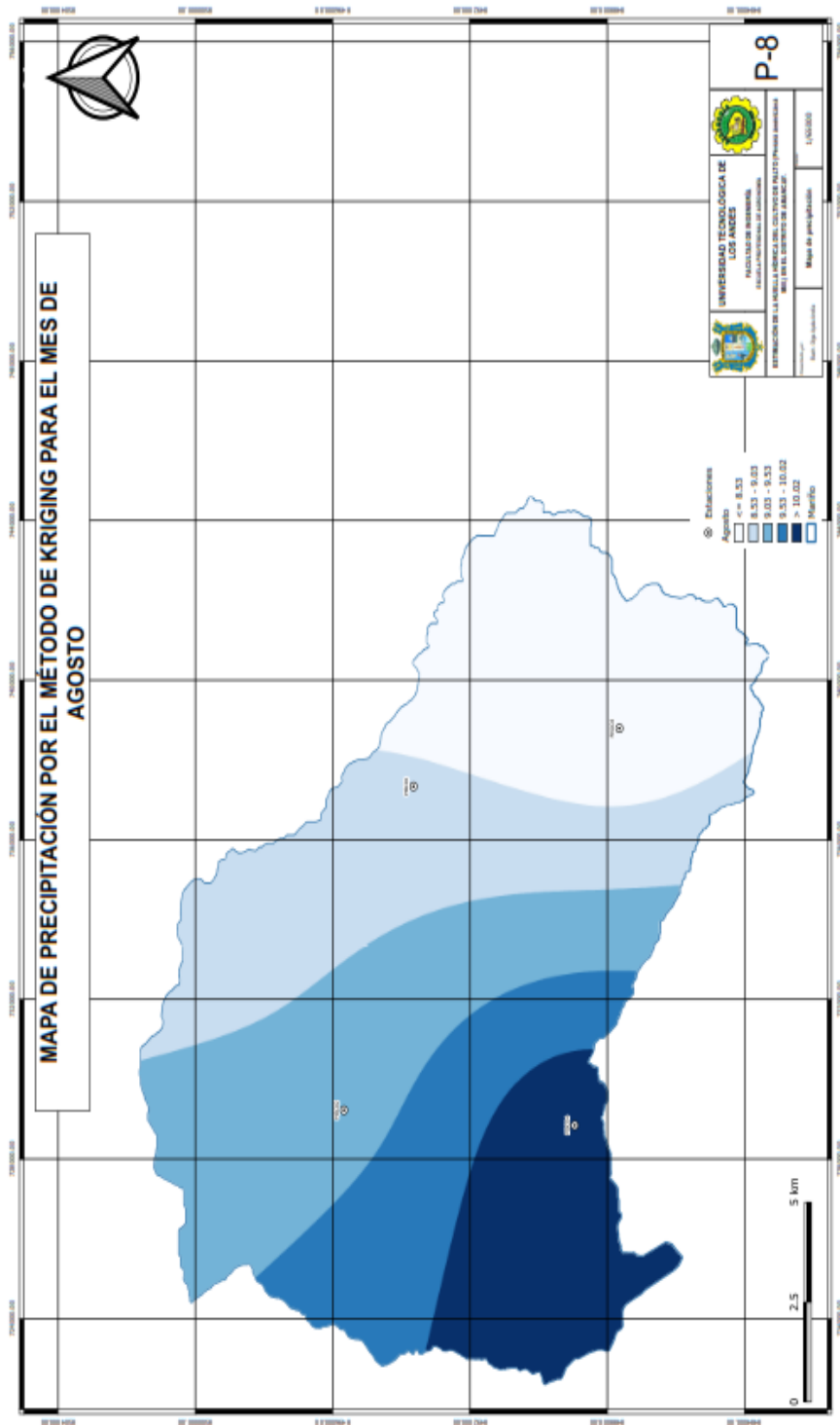
Fuente: Elaboración propia.

Figura 33. Mapa de precipitación media del mes de julio en la micro cuenca Mariño.



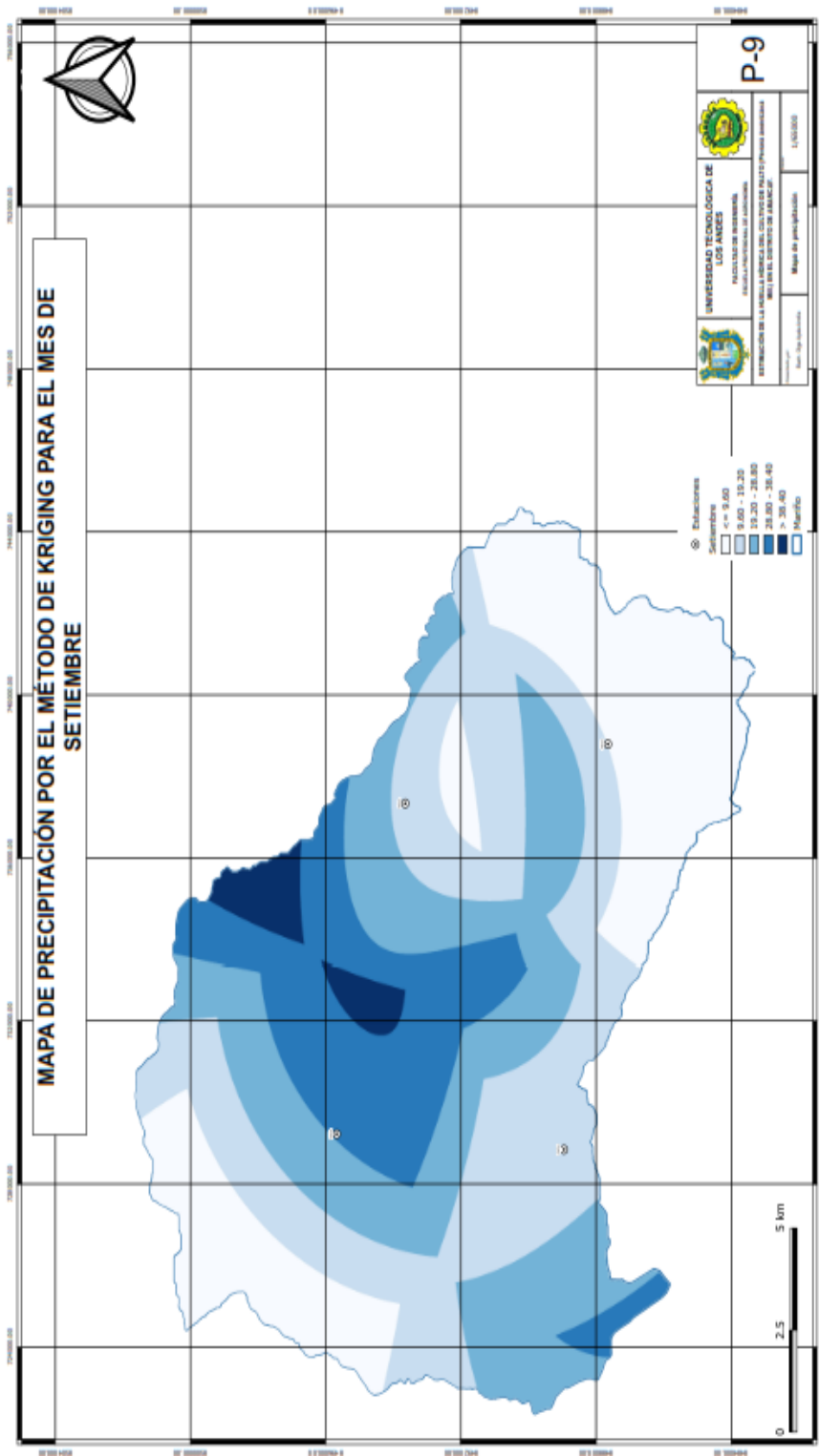
Fuente: Elaboración propia.

Figura 34. Mapa de precipitación media del mes de agosto en la micro cuenca Mariño.



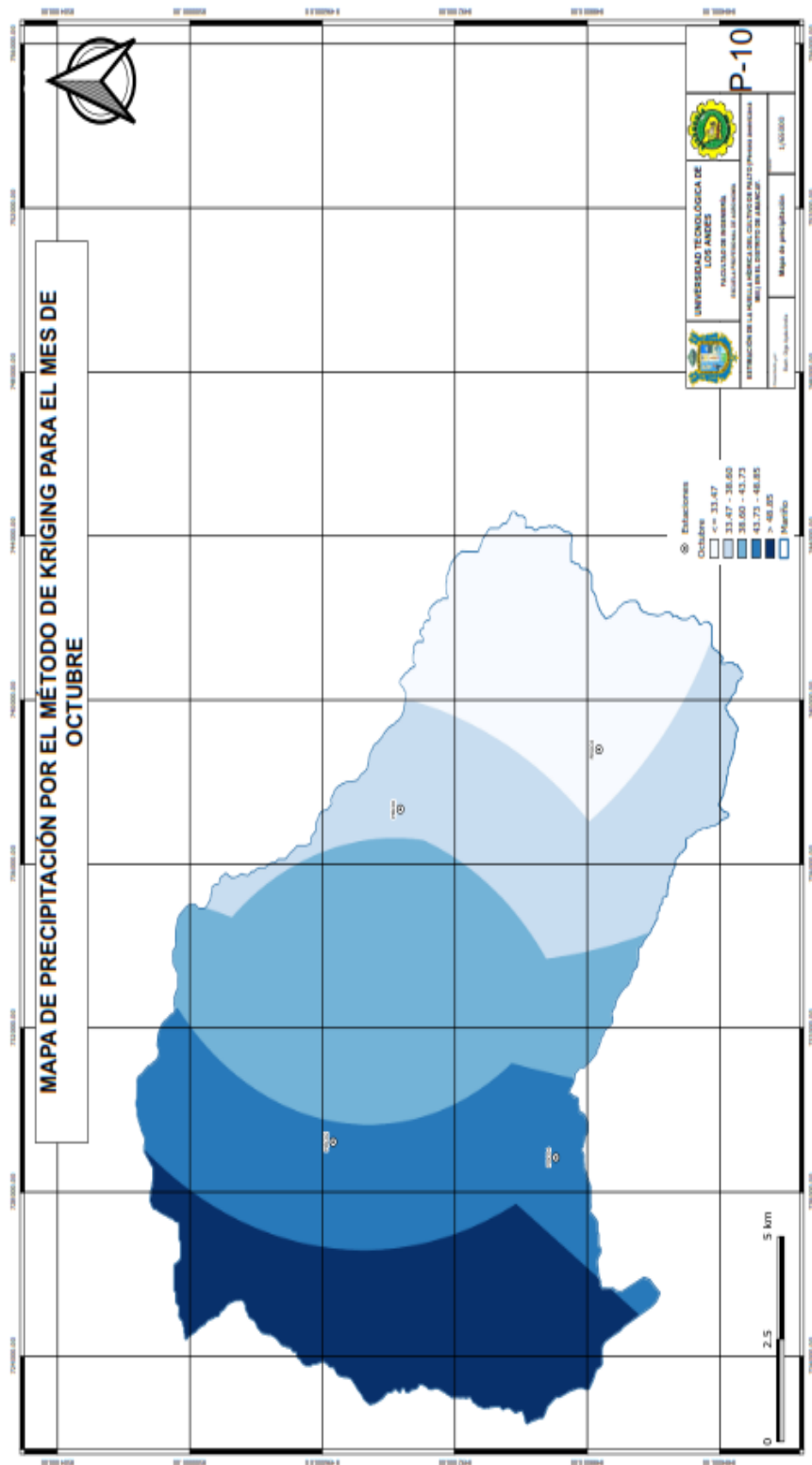
Fuente: Elaboración propia.

Figura 35. Mapa de precipitación media del mes de setiembre en la micro cuenca Mariño.



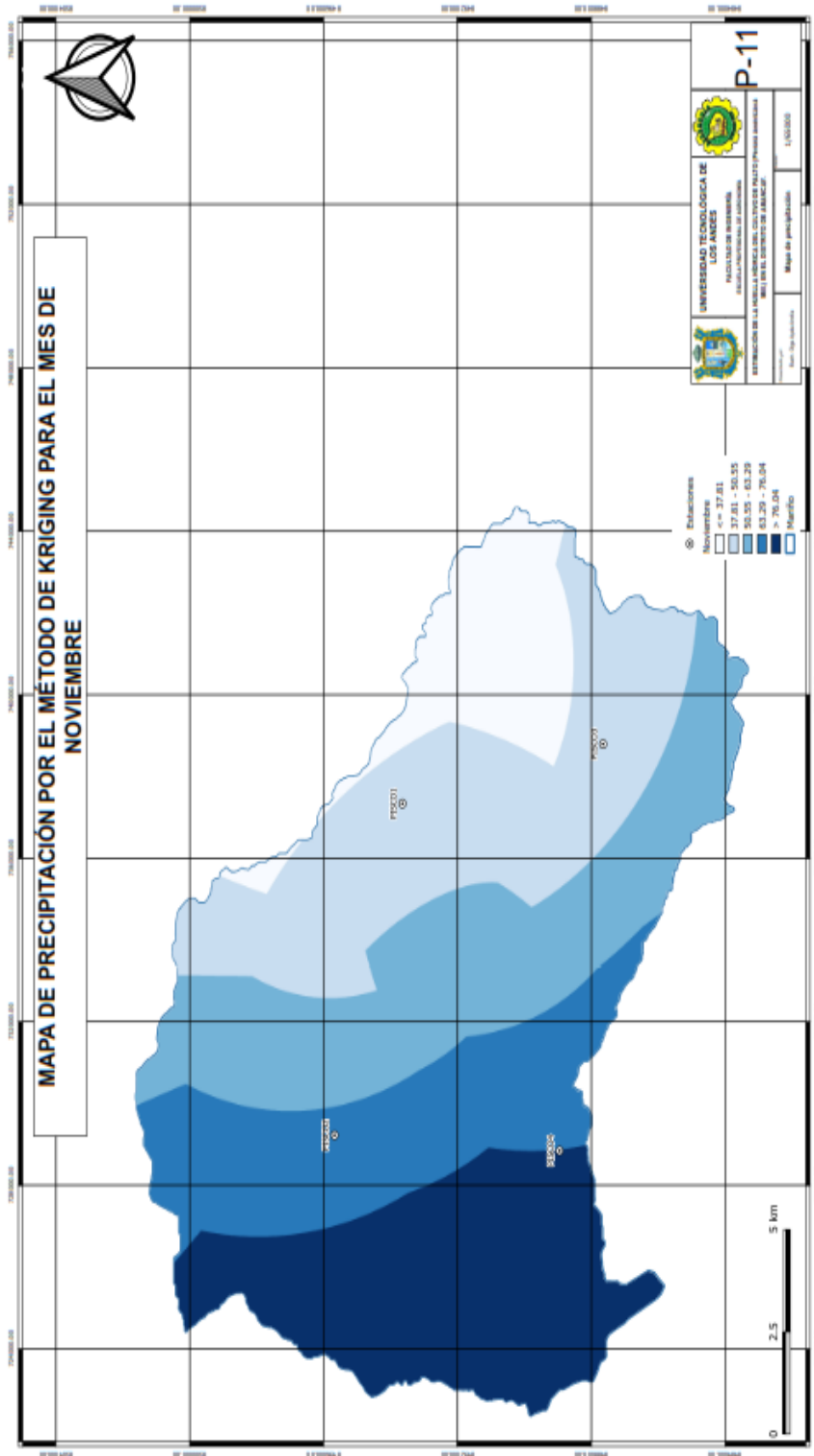
Fuente: Elaboración propia.

Figura 36. Mapa de precipitación media del mes de octubre en la micro cuenca Mariño.



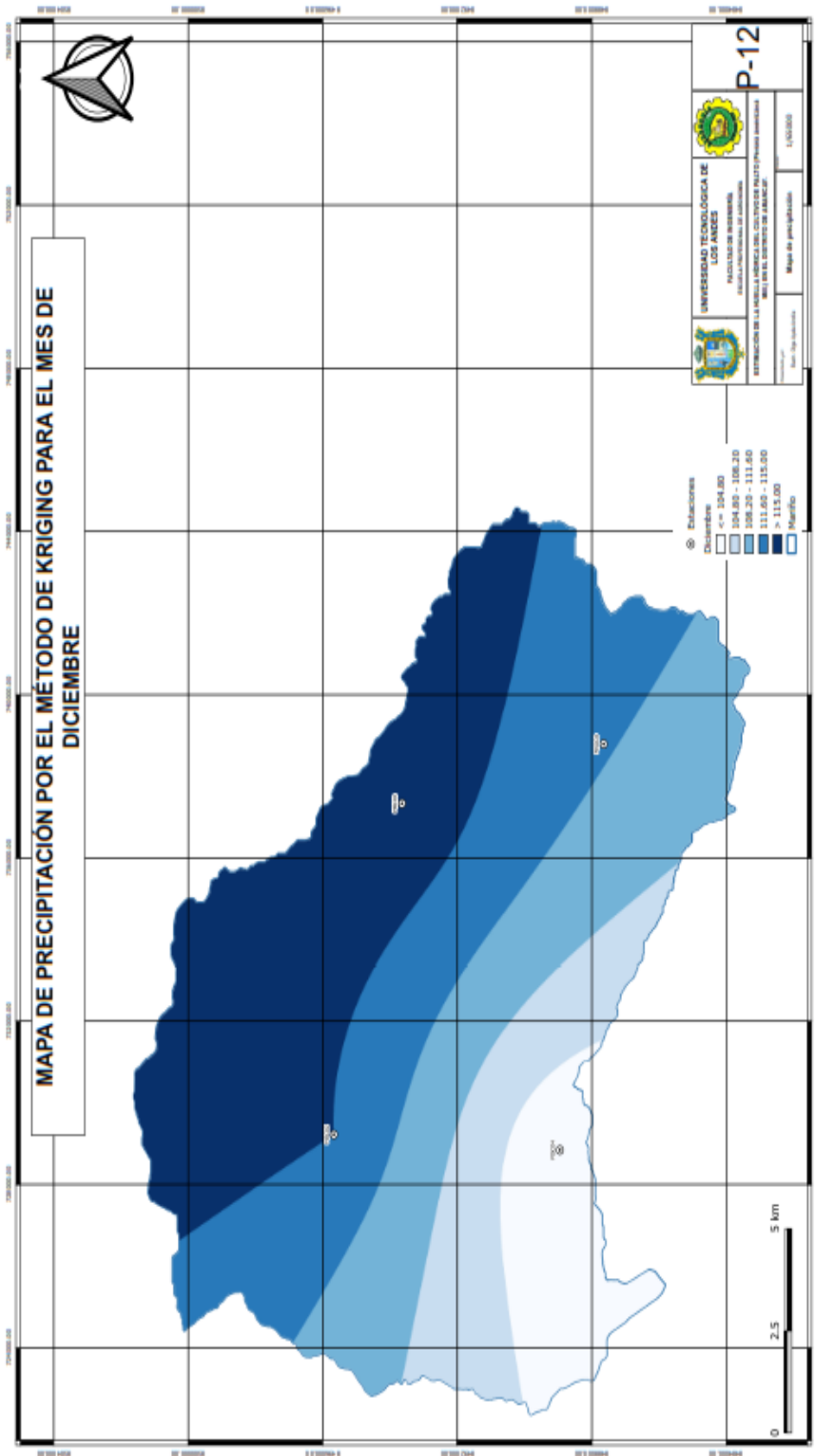
Fuente: Elaboración propia.

Figura 37. Mapa de precipitación media del mes de noviembre en la micro cuenca Mariño.



Fuente: Elaboración propia.

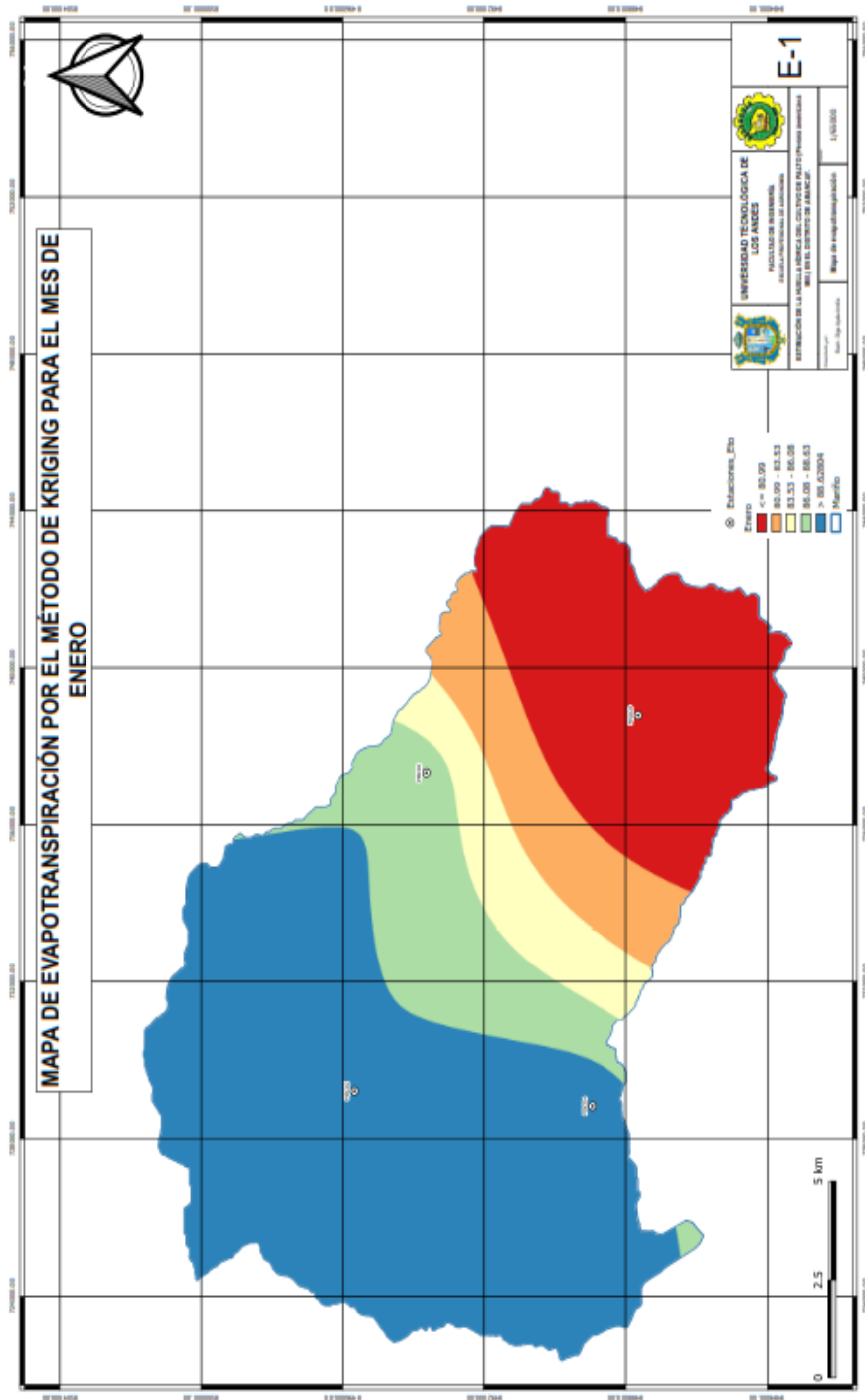
Figura 38. Mapa de precipitación media del mes de diciembre en la micro cuenca Mariño.



Fuente: Elaboración propia.

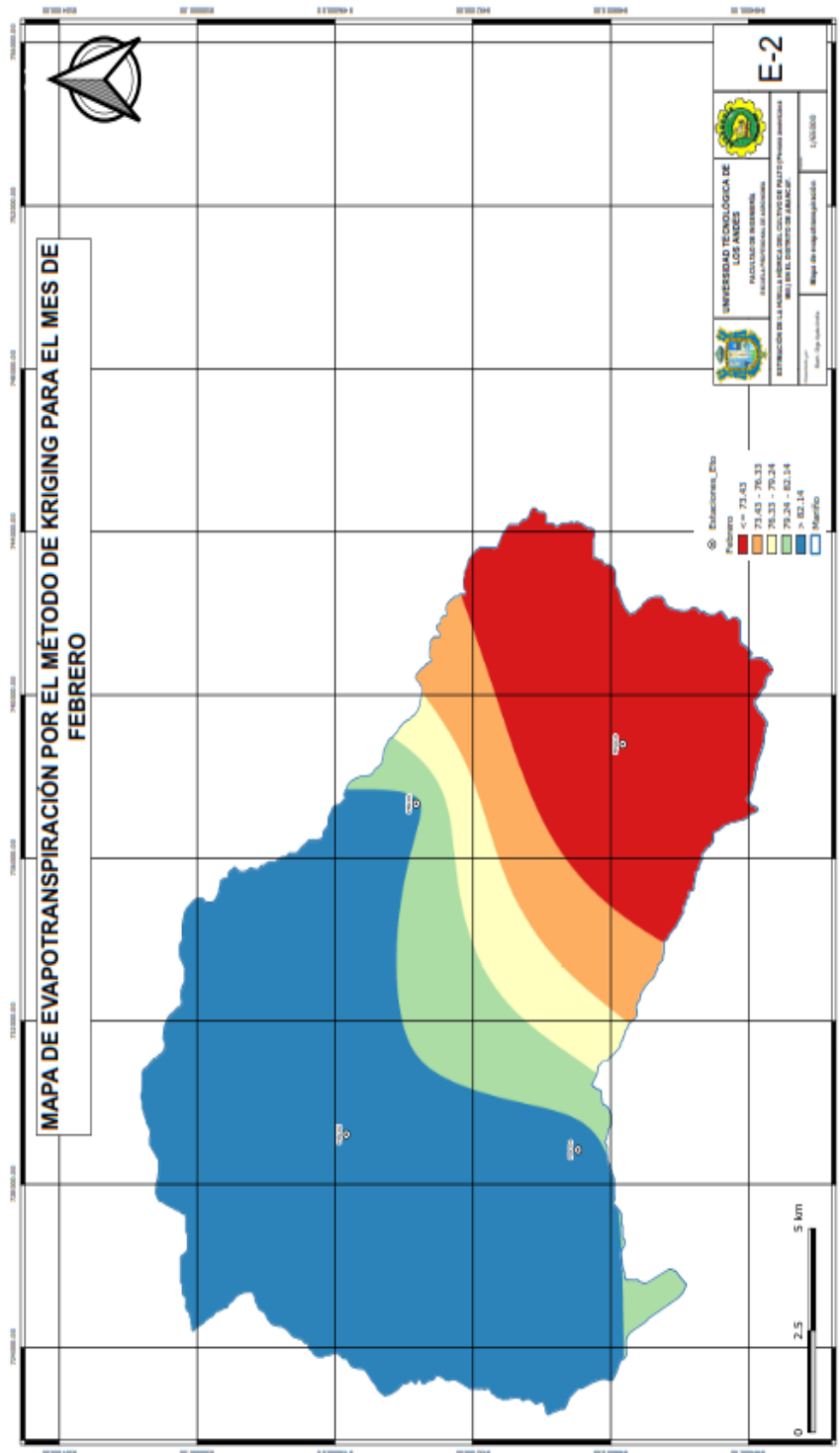
A.6 Mapas de evapotranspiración referencial.

Figura 39. Mapa de evapotranspiración media del mes de enero en la micro cuenca Mariño.



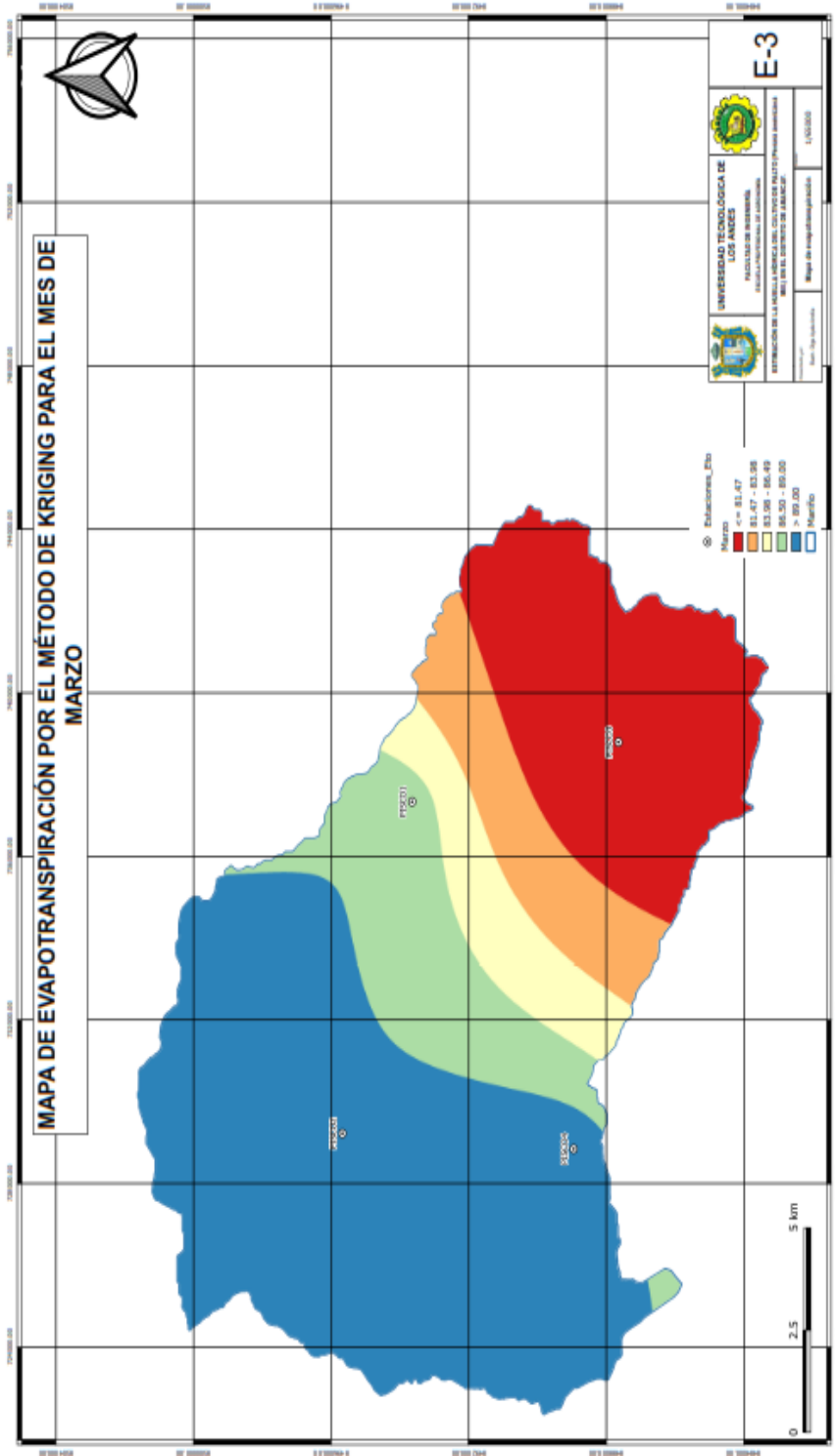
Fuente: Elaboración propia.

Figura 40. Mapa de evapotranspiración media del mes de febrero en la micro cuenca Mariño.



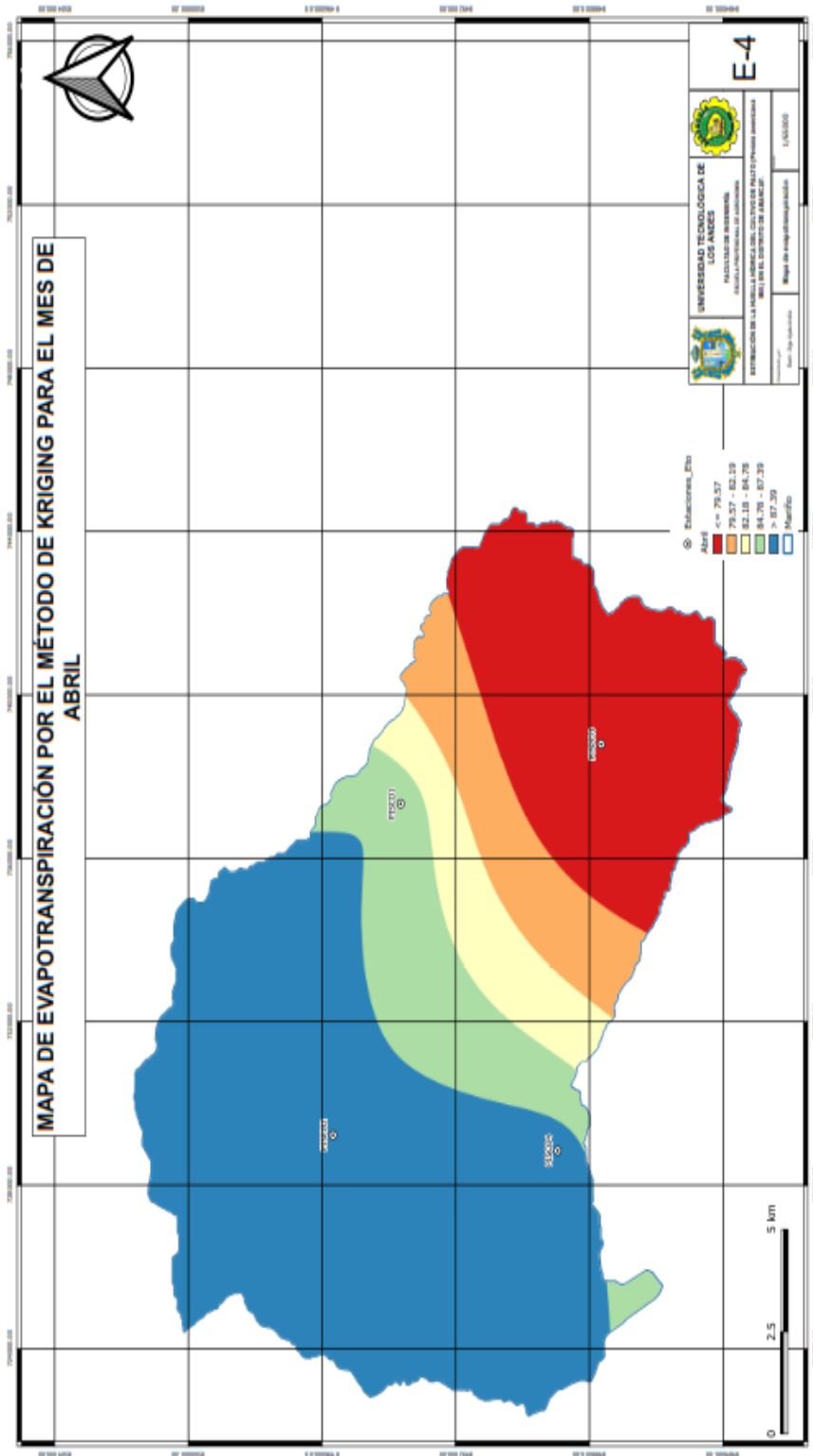
Fuente: Elaboración propia.

Figura 41. Mapa de evapotranspiración media del mes de marzo en la micro cuenca Mariño.



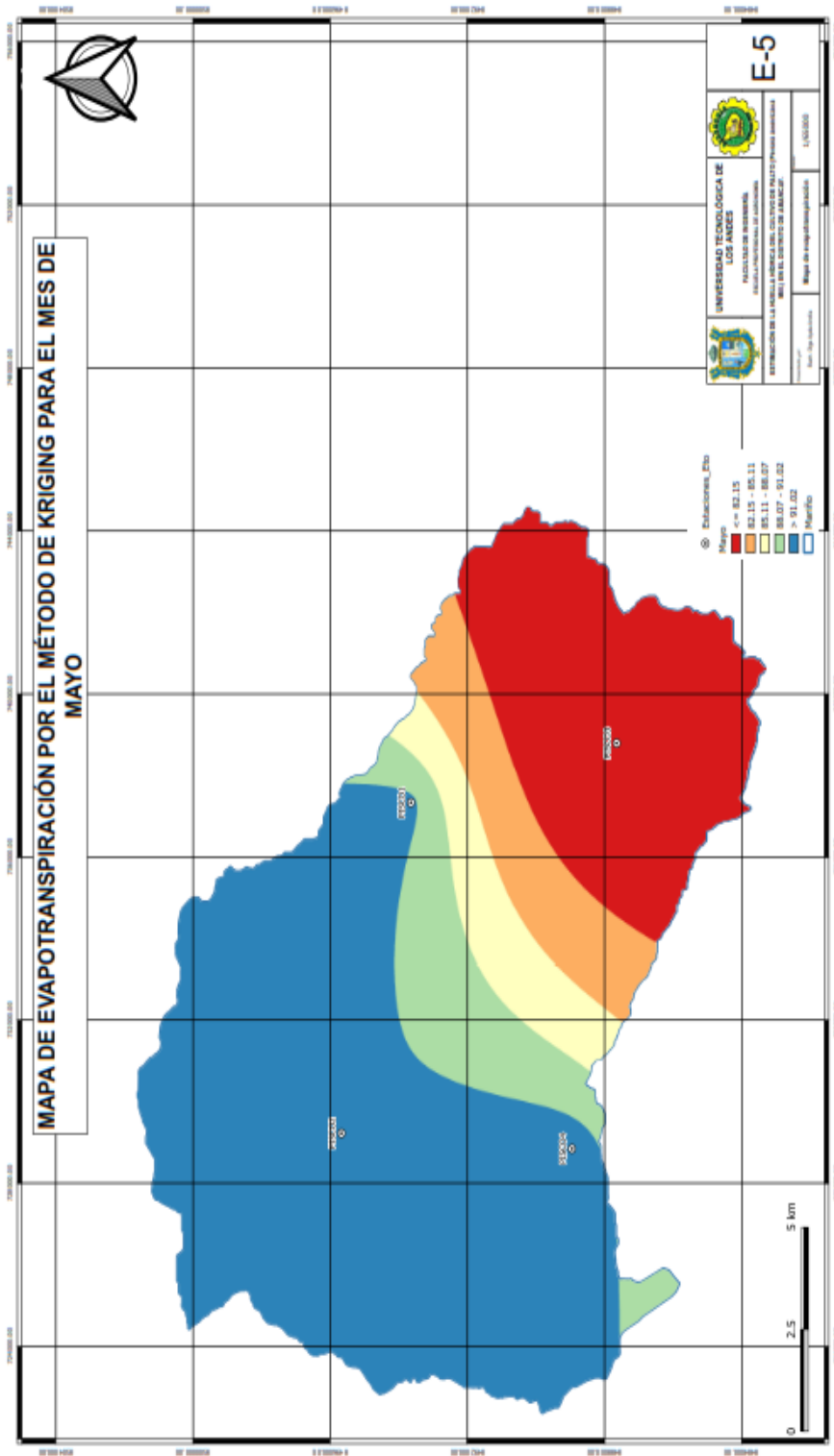
Fuente: Elaboración propia.

Figura 42. Mapa de evapotranspiración media del mes de abril en la micro cuenca Mariño.



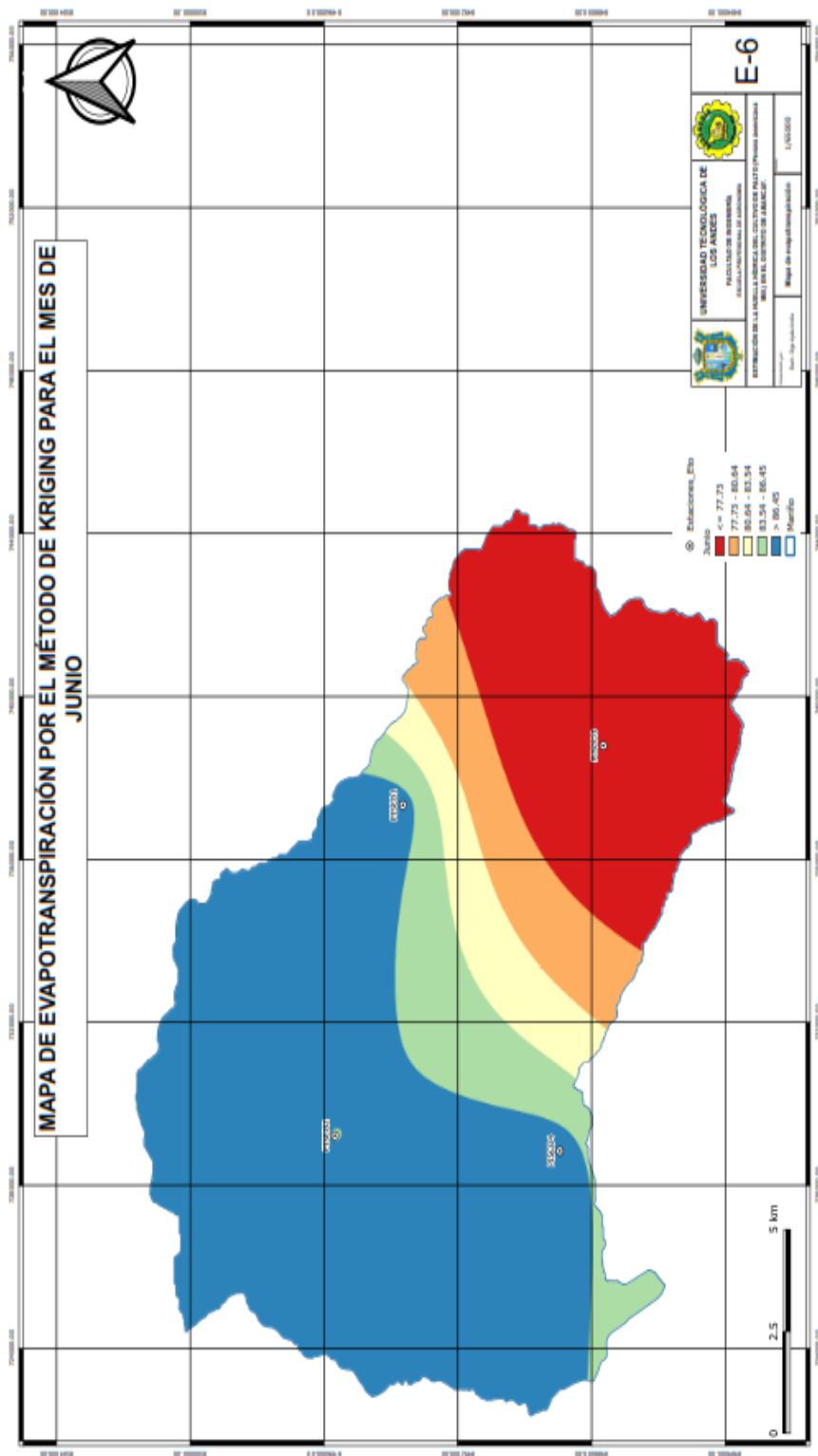
Fuente: Elaboración propia.

Figura 43. Mapa de evapotranspiración media del mes de mayo en la micro cuenca Mariño.



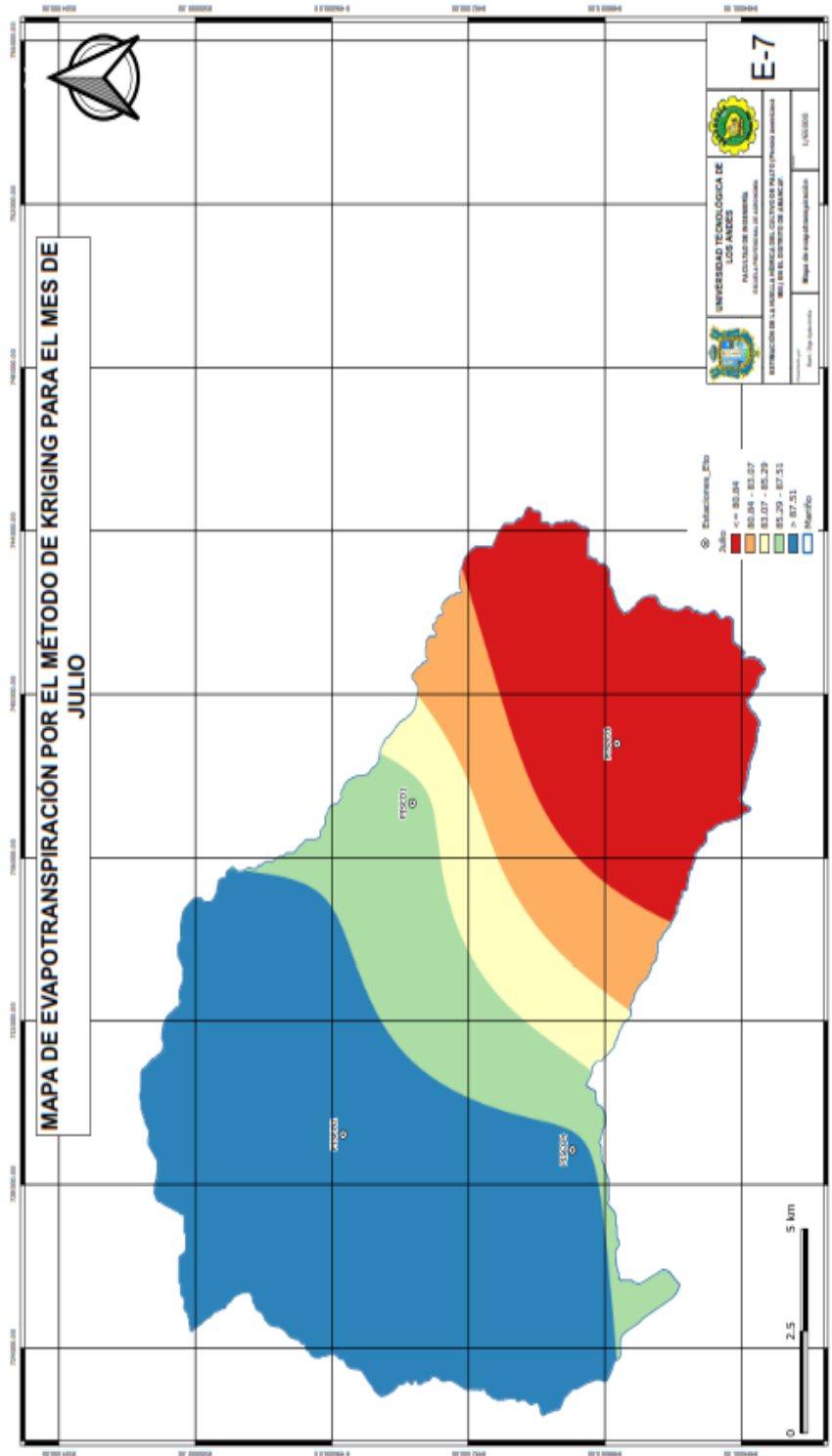
Fuente: Elaboración propia.

Figura 44. Mapa de evapotranspiración media del mes de junio en la micro cuenca Mariño.



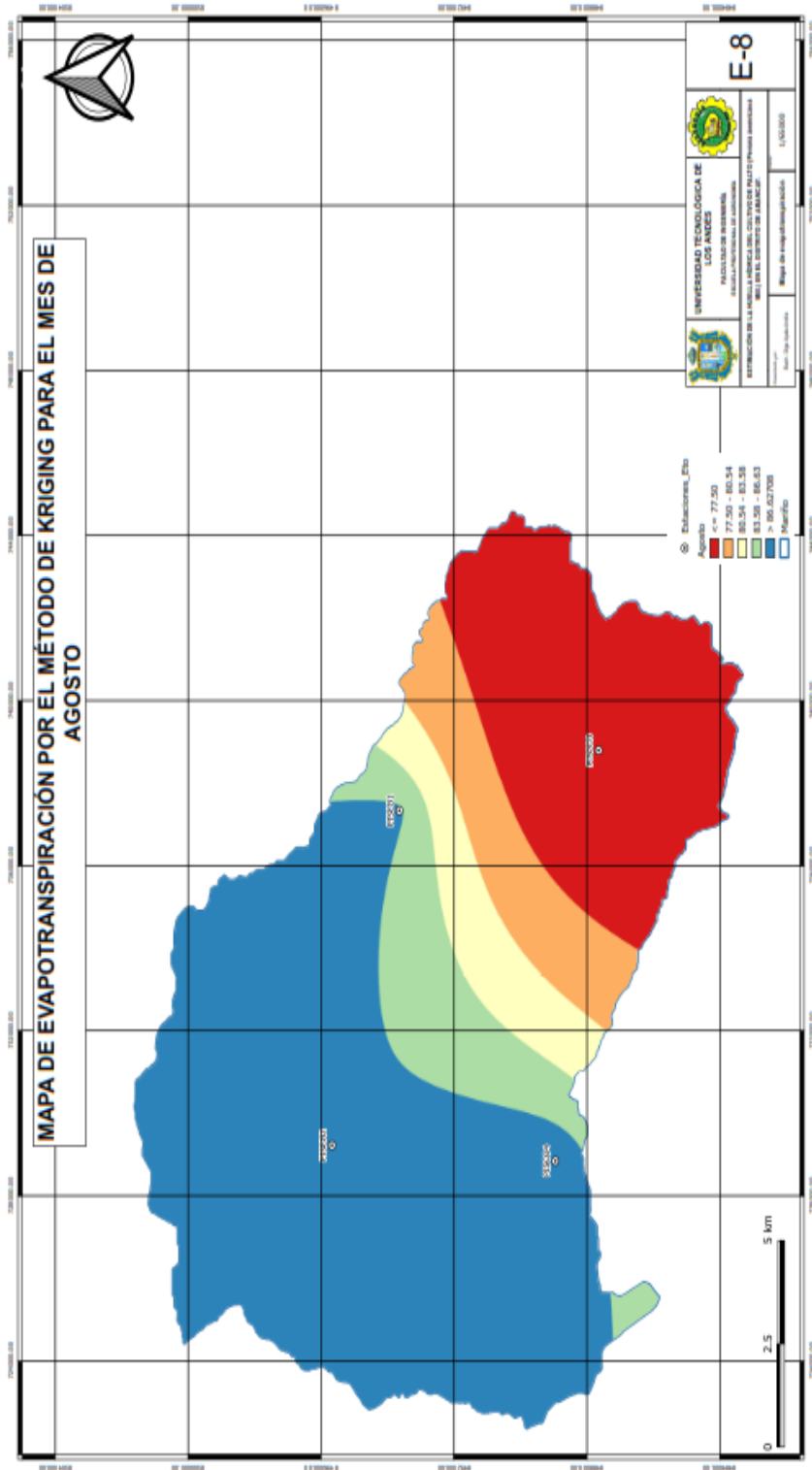
Fuente: Elaboración propia.

Figura 45. Mapa de evapotranspiración media del mes de julio en la micro cuenca Mariño.



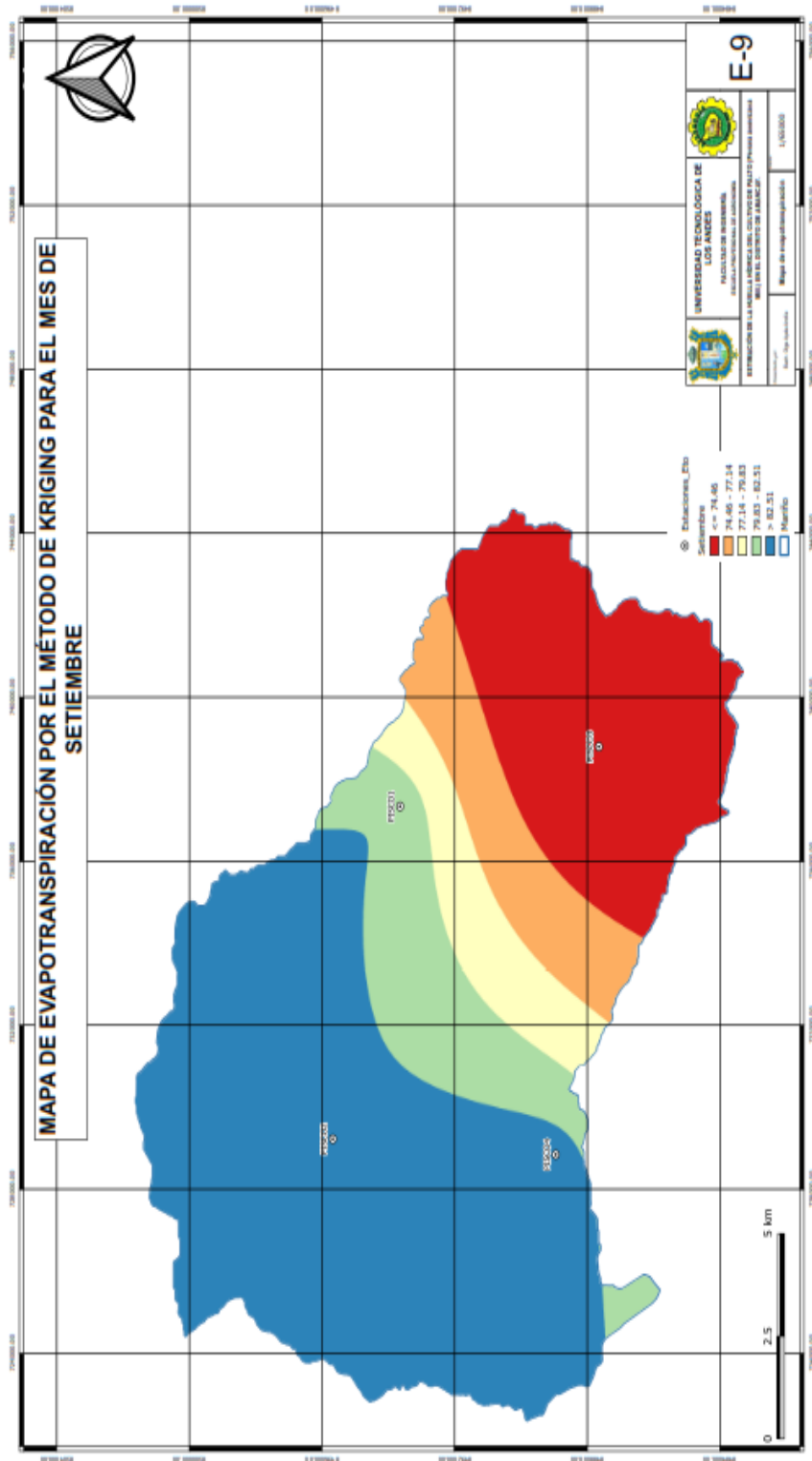
Fuente: Elaboración propia.

Figura 46. Mapa de evapotranspiración media del mes de agosto en la micro cuenca Mariño.



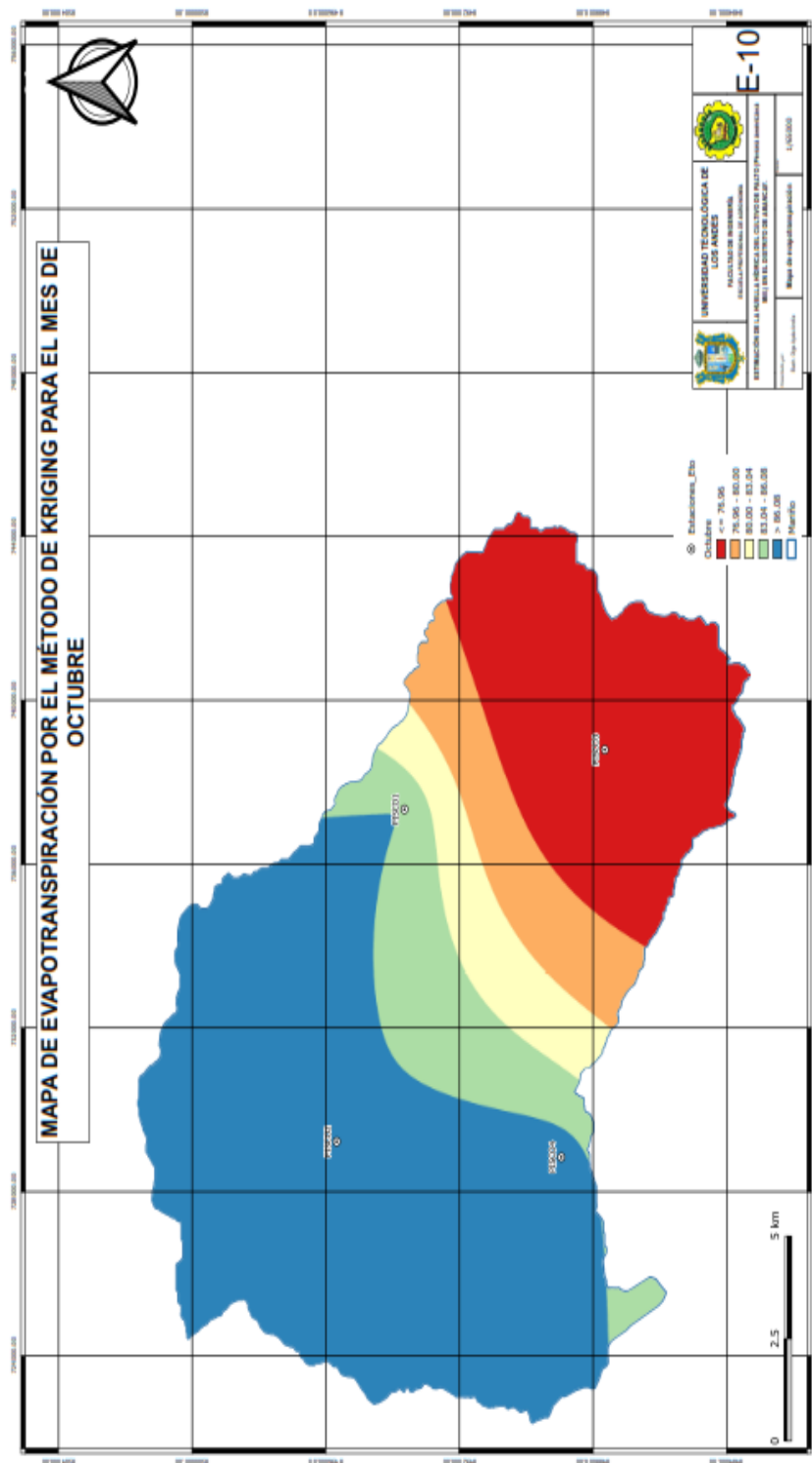
Fuente: Elaboración propia.

Figura 47. Mapa de evapotranspiración media del mes de setiembre en la micro cuenca Mariño.



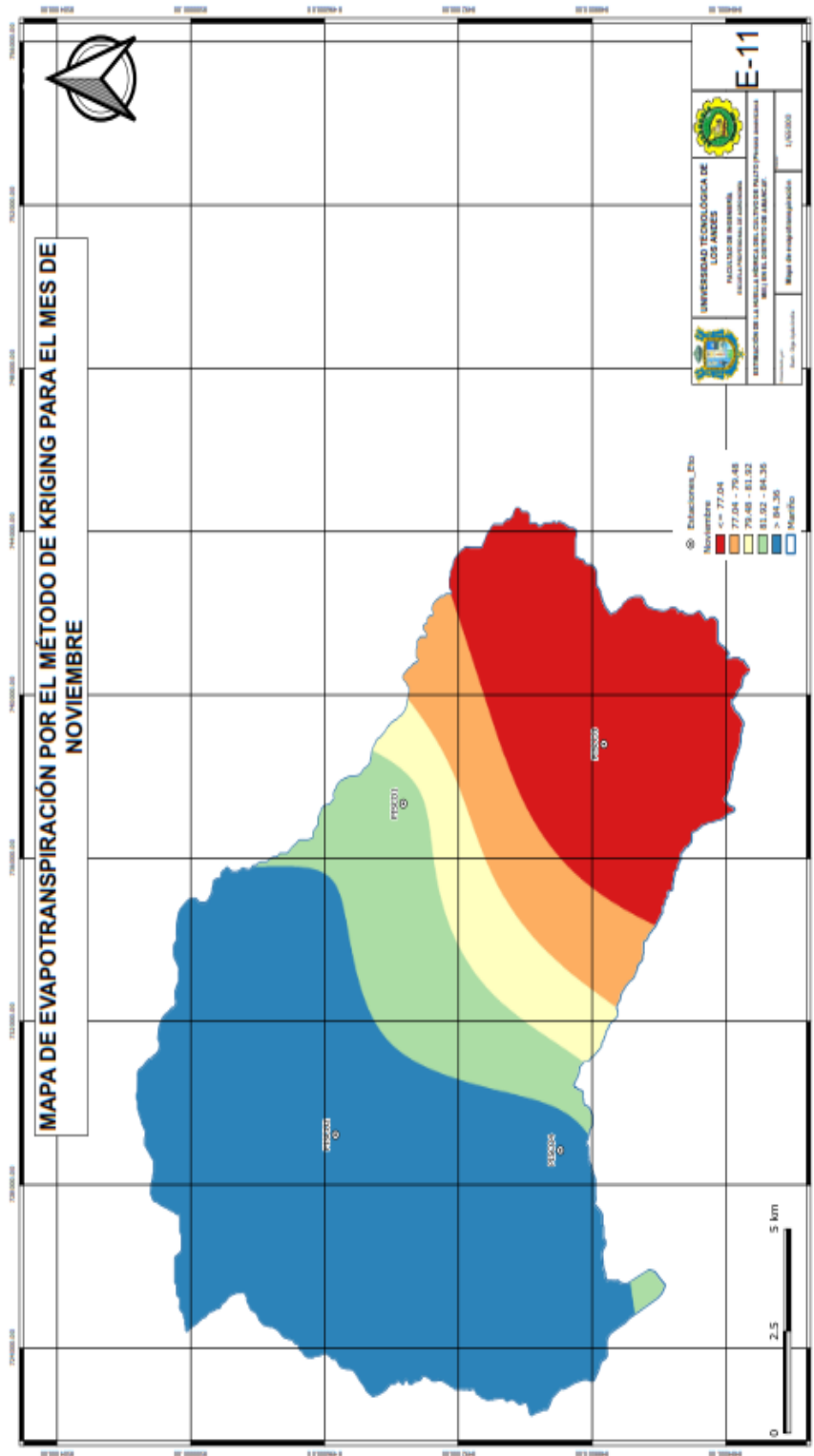
Fuente: Elaboración propia.

Figura 48. Mapa de evapotranspiración media del mes de octubre en la micro cuenca Mariño.



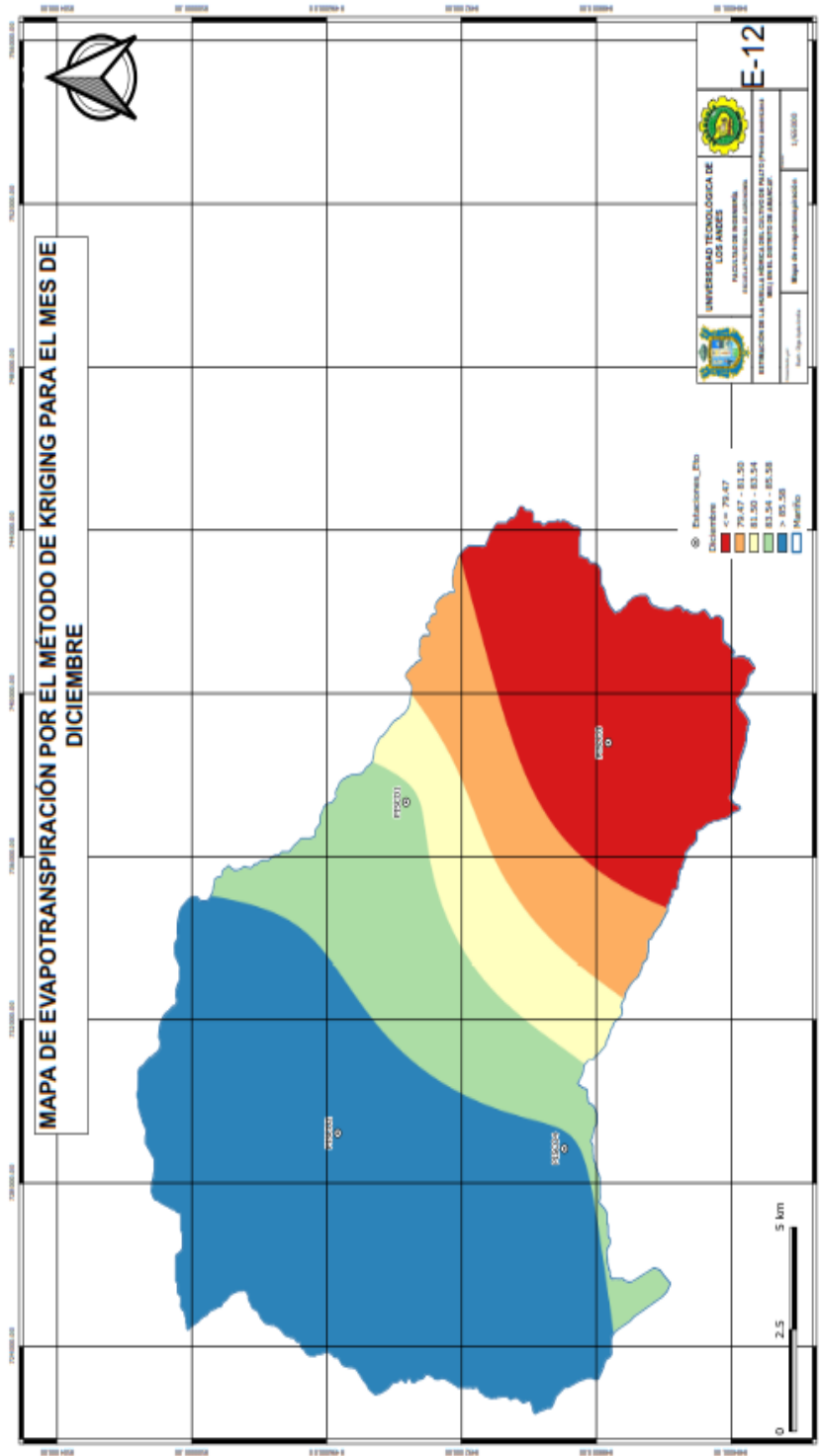
Fuente: Elaboración propia.

Figura 49. Mapa de evapotranspiración media del mes de noviembre en la micro cuenca Mariño.



Fuente: Elaboración propia.

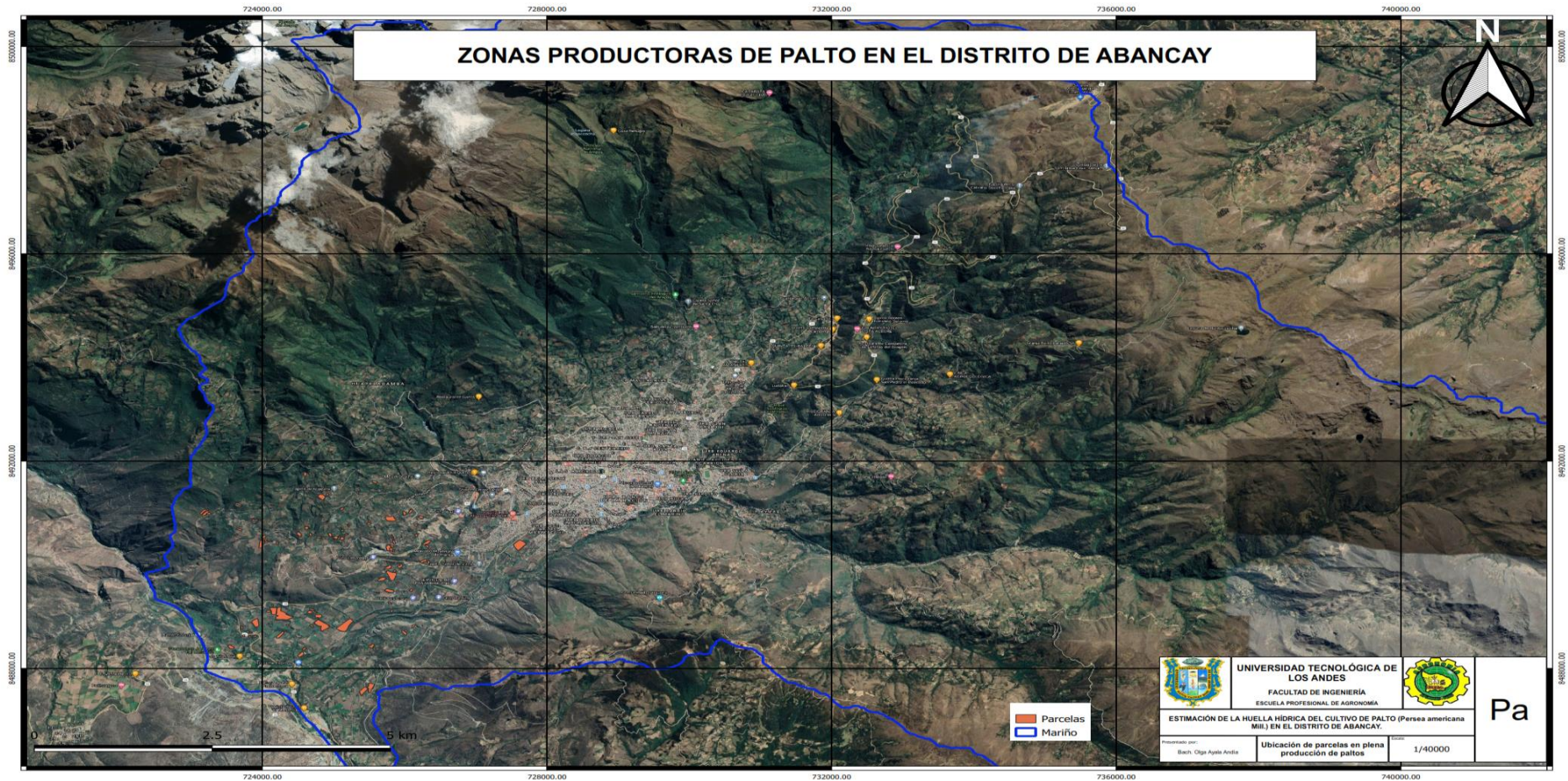
Figura 50. Mapa de evapotranspiración media del mes de diciembre en la micro cuenca Mariño.



Fuente: Elaboración propia.

A.7 Mapas de ubicación de las parcelas.

Figura 51. Mapa de ubicación de las parcelas productoras de palto en la micro cuenca Mariño.



Fuente: Elaboración propia.

A.8 Ámbito de influencia de las estaciones sintéticas generadas.

Figura 52. Ámbito de influencia de las estaciones sintéticas generadas.



Fuente: Elaboración propia.

A.9 Registros meteorológicos.

Figura 53. Precipitación sector – PISCO 1.

REGISTRO METEOROLÓGICO
PRECIPITACIÓN MENSUAL - ANUAL (mm)

ESTACIÓN: PISCO1 - SENAMHI LAT.: -13.62 REGIÓN: APURÍMAC
SUBCUENCA: RIO DEL PACHACHACA LONG.: -72.81 PROV.: ABANCAY
MICROCUENCA: MARIÑO ALT.: 3776 DIST.: ABANCAY

AÑOS	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
1981	102.89	132.35	62.11	35.22	0.19	0.05	1.87	17.08	20.34	47.24	57.62	112.08
1982	157.91	183.48	98.69	30.19	0.72	0.10	1.30	15.61	6.34	17.76	64.20	59.51
1983	107.36	77.62	59.64	35.68	2.54	0.02	0.53	1.88	2.08	4.44	27.91	94.93
1984	149.42	174.82	1.22	2.94	1.70	0.74	1.06	1.85	2.55	2.60	2.70	0.53
1985	136.27	111.47	103.02	62.06	37.15	9.52	4.05	1.57	14.55	38.99	43.70	105.09
1986	86.27	113.56	128.75	30.82	5.13	0.00	0.64	9.96	27.19	26.67	15.15	56.37
1987	116.92	93.07	29.00	40.10	8.79	0.00	9.70	1.20	10.03	35.76	32.12	91.99
1988	145.55	123.84	99.67	59.21	6.28	0.00	0.40	1.08	0.56	28.45	1.03	1.06
1989	119.00	117.96	136.13	19.09	7.14	0.15	2.71	6.20	20.06	49.01	37.98	84.63
1990	85.39	141.74	96.31	16.88	7.27	4.08	2.31	4.56	37.18	53.35	39.78	84.38
1991	84.62	124.35	143.16	21.55	10.82	0.00	0.42	1.94	18.22	29.55	38.49	62.34
1992	93.28	112.37	86.40	17.69	3.93	1.19	2.93	15.48	43.32	41.74	51.86	77.23
1993	139.02	121.10	108.26	55.20	6.02	0.11	6.27	28.71	2.83	45.92	71.43	169.31
1994	137.68	95.11	62.44	23.27	0.43	0.00	0.19	0.60	2.69	76.62	47.42	155.57
1995	112.86	105.20	124.43	28.46	8.76	0.01	0.58	0.86	5.91	8.89	53.63	110.39
1996	107.23	176.72	70.84	43.31	1.23	0.00	0.25	18.59	17.65	56.83	36.66	64.35
1997	132.45	150.01	104.24	20.99	17.05	0.00	0.79	18.38	14.82	19.23	62.34	87.95
1998	129.37	98.52	114.36	16.65	2.78	1.80	0.00	1.37	5.67	41.40	28.11	88.72
1999	141.73	204.46	122.82	55.29	8.14	2.78	2.63	0.22	46.38	57.38	42.25	108.90
2000	164.72	220.67	89.09	28.43	5.83	6.83	13.17	13.44	12.37	64.28	19.72	156.35
2001	175.45	109.39	138.67	25.14	18.62	0.50	15.64	20.13	8.77	36.37	31.95	79.16
2002	86.50	165.48	102.99	59.20	12.11	7.69	32.01	9.96	34.86	70.68	60.62	112.63
2003	127.60	178.24	152.05	24.75	6.38	0.43	1.34	22.86	27.02	26.46	30.17	139.37
2004	116.05	156.44	62.26	42.06	9.14	7.02	19.31	15.88	34.36	27.63	30.36	156.06
2005	66.41	110.79	95.22	35.93	2.84	0.00	11.89	3.15	15.72	39.27	43.21	133.92
2006	149.16	122.80	80.50	41.76	0.14	4.76	0.42	1.44	4.53	52.25	66.97	133.87
2007	83.54	109.94	140.25	17.24	13.03	0.00	10.14	2.07	1.66	45.67	33.25	167.85
2008	110.81	104.89	88.44	19.36	13.86	5.30	0.13	8.05	7.85	33.67	45.79	104.97
2009	104.21	170.18	89.29	47.15	5.27	0.00	9.42	5.46	3.63	36.85	85.29	68.07
2010	133.38	127.82	85.35	32.51	10.17	0.00	2.25	6.88	9.36	42.43	26.01	139.12
2011	157.64	207.66	132.43	45.43	5.07	2.06	9.88	12.51	30.18	42.12	57.00	92.25
2012	122.15	269.61	190.57	61.83	5.11	4.67	5.58	1.94	18.92	48.10	24.60	226.79
2013	93.31	152.28	104.15	11.98	4.11	0.34	3.09	21.00	10.29	54.73	68.87	127.37
2014	151.98	131.49	121.16	38.12	5.68	0.00	3.48	1.70	21.04	50.37	30.56	147.13
2015	156.33	167.87	143.38	42.25	9.42	0.15	4.52	14.36	31.17	26.86	44.05	73.94
2016	56.77	198.98	41.77	44.83	1.69	0.93	5.78	10.40	15.72	44.28	50.23	129.20
2017	81.75	120.38	86.99	31.16	7.24	0.79	6.43	14.69	29.87	24.52	45.69	90.53
2018	122.16	98.44	108.24	52.75	5.43	0.65	0.27	0.92	3.91	15.83	56.85	46.65
2019	89.99	196.30	85.31	44.56	3.14	0.44	4.22	1.28	16.05	20.07	45.87	99.09
2020	149.04	87.79	118.24	65.92	0.68	3.92	1.00	8.73	25.04	8.77	54.58	211.56
PROMEDIO	119.60	141.63	100.20	35.67	7.03	1.68	4.97	8.69	16.52	37.59	42.73	106.11
N° DATOS	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40
P. MÁXIMA	175.45	269.61	190.57	65.92	37.15	9.52	32.01	28.71	46.38	76.62	85.29	226.79
P. MÍNIMA	56.77	77.62	1.22	2.94	0.14	0.00	0.00	0.22	0.56	2.60	1.03	0.53

Fuente: Recopilación propia

Figura 54. Precipitación sector – PISCO 2.

REGISTRO METEOROLÓGICO
PRECIPITACIÓN MENSUAL - ANUAL (mm)

ESTACIÓN: **PISCO2 - SENAMHI** LAT.: -13.6 REGIÓN: **APURÍMAC**
SUBCUENCA: **RIO DEL PACHACHACA** LONG.: -72.88 PROV.: **ABANCAY**
MICROCUENCA: **MARIÑO** ALT.: 3158 DIST.: **ABANCAY**

AÑOS	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
1981	98.04	167.73	82.56	37.09	0.82	0.03	2.00	13.91	38.99	51.56	101.16	109.73
1982	153.98	256.77	148.04	32.12	1.34	0.12	1.35	13.85	11.40	19.64	102.56	56.17
1983	109.58	107.24	74.75	39.24	3.62	0.24	0.55	1.73	4.52	4.92	50.78	89.17
1984	151.96	220.35	1.69	2.90	2.90	1.33	0.99	1.19	5.39	2.78	5.21	0.38
1985	129.76	141.33	137.83	62.27	63.23	14.73	4.28	1.00	24.92	42.54	69.87	93.57
1986	88.11	151.08	181.16	34.08	7.59	0.00	0.66	7.93	48.13	32.32	25.38	54.96
1987	112.05	124.50	40.79	44.27	14.36	0.00	11.24	0.74	18.85	43.20	48.27	79.58
1988	144.78	161.96	137.35	61.56	10.10	0.02	0.43	0.99	1.63	34.15	2.43	0.86
1989	116.68	137.86	179.68	19.53	11.47	0.43	2.98	5.27	34.89	54.48	60.82	72.36
1990	86.82	206.55	137.70	18.02	11.43	5.66	2.58	4.56	62.44	57.63	65.33	82.33
1991	82.54	166.40	192.41	22.71	17.17	0.18	0.39	1.61	31.39	31.79	56.32	55.99
1992	89.85	158.33	121.40	19.64	6.53	1.62	3.34	11.93	81.86	47.02	83.91	70.46
1993	137.41	157.38	143.13	57.18	10.28	0.36	6.54	24.03	5.42	50.88	107.74	163.09
1994	134.84	117.46	79.06	24.26	1.14	0.02	0.16	0.45	4.86	82.89	74.60	154.76
1995	113.07	146.30	168.64	30.43	15.76	0.21	0.53	0.48	11.18	9.81	87.47	101.09
1996	108.58	230.99	96.99	47.12	2.47	0.12	0.23	14.28	30.38	64.51	58.10	58.15
1997	131.17	200.16	142.58	23.35	26.87	0.03	0.87	16.70	26.60	22.44	91.72	83.27
1998	128.76	121.76	150.27	19.23	4.54	2.48	0.00	0.77	13.15	49.78	49.83	84.07
1999	138.58	234.15	163.91	58.78	12.60	4.39	2.94	0.02	78.51	65.91	72.91	98.12
2000	164.33	284.79	117.38	31.05	9.14	10.33	13.75	12.49	25.75	71.67	35.67	153.76
2001	174.98	141.72	173.89	27.21	35.70	0.73	15.81	19.79	17.61	38.62	48.77	77.41
2002	89.40	203.28	129.45	63.07	18.93	14.77	34.82	9.36	56.63	75.64	93.43	109.75
2003	121.30	227.33	218.09	24.62	10.61	0.82	1.44	22.27	51.88	29.02	45.85	131.40
2004	113.83	208.14	89.58	44.86	13.57	13.28	20.94	15.23	57.65	31.25	49.20	142.02
2005	67.13	151.80	136.73	37.12	5.22	0.00	13.42	2.68	29.12	51.80	69.60	119.59
2006	148.22	144.27	100.38	41.74	0.50	7.80	0.32	0.88	9.66	61.70	110.08	127.16
2007	89.67	146.96	182.53	19.25	23.74	0.00	10.79	1.63	3.72	55.65	55.46	147.44
2008	110.50	124.95	109.05	21.64	24.13	8.61	0.09	6.19	14.84	36.90	71.66	93.62
2009	103.92	203.82	120.62	51.28	8.08	0.00	9.90	4.17	5.66	41.75	128.53	58.75
2010	121.36	162.56	108.87	37.01	16.49	0.29	2.33	5.76	16.75	52.61	41.60	134.51
2011	166.02	264.77	197.15	48.31	8.36	3.29	11.04	11.40	55.18	52.51	94.86	91.97
2012	121.83	343.45	251.97	67.74	11.53	7.08	6.30	1.73	30.82	57.18	40.76	208.62
2013	97.50	195.47	132.22	18.60	5.43	4.26	5.60	35.18	16.15	67.73	99.29	137.68
2014	150.35	175.91	175.19	46.19	7.62	0.54	5.79	3.31	33.48	63.27	48.16	155.86
2015	158.61	203.35	197.86	55.30	11.62	1.40	6.29	21.18	44.67	35.63	72.65	74.22
2016	56.45	255.13	56.97	56.51	2.06	5.99	8.23	14.51	22.84	55.22	78.68	133.69
2017	66.19	200.82	193.58	11.61	4.57	0.06	1.08	1.62	16.73	46.55	102.51	219.02
2018	114.78	154.63	88.82	60.26	6.12	0.00	1.53	3.72	46.53	10.22	51.80	73.77
2019	80.74	116.38	63.34	19.47	22.10	0.38	0.01	0.48	71.80	41.14	73.06	62.87
2020	114.49	117.34	161.73	85.33	10.52	26.73	6.25	19.97	14.20	38.50	24.13	90.45
PROMEDIO	117.20	180.59	133.78	37.91	12.18	5.04	5.44	8.59	29.41	44.57	66.52	101.08

N° DATOS	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40
P. MÁXIMA	174.98	343.45	251.97	85.33	63.23	26.73	34.82	35.18	81.86	82.89	128.53	219.02
P. MÍNIMA	56.45	107.24	1.69	2.90	0.50	0.00	0.00	0.02	1.63	2.78	2.43	0.38

Fuente: Recopilación propia

Figura 55. Precipitación sector – PISCO 3.

REGISTRO METEOROLÓGICO
PRECIPITACIÓN MENSUAL - ANUAL (mm)

ESTACIÓN: PISCO3 - SENAMHI LAT.: -13.67 REGIÓN: APURÍMAC
SUBCUENCA: RIO DEL PACHACHACA LONG.: -72.79 PROV.: ABANCAY
MICROCUENCA: MARIÑO ALT.: 4216 DIST.: ABANCAY

AÑOS	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
1981	64.85	101.74	47.35	24.84	0.00	0.03	1.62	10.63	10.77	41.15	68.19	122.40
1982	94.41	132.82	65.28	19.92	0.04	0.11	1.14	10.16	4.82	15.34	67.87	66.00
1983	67.36	53.15	48.21	25.30	1.45	0.08	0.59	1.24	1.40	4.01	29.76	104.40
1984	92.45	131.99	1.17	4.83	1.02	0.85	1.17	1.04	1.84	3.46	3.35	1.93
1985	90.47	81.73	78.38	43.69	14.19	4.44	3.51	0.80	9.38	36.48	43.87	115.83
1986	60.48	79.23	88.55	20.41	2.37	0.00	0.66	5.69	15.23	20.07	16.87	60.58
1987	80.94	67.06	24.61	24.42	3.15	0.00	6.47	0.63	6.20	26.31	35.09	117.89
1988	101.02	88.89	73.82	39.32	2.88	0.00	0.48	0.64	0.60	21.05	2.06	2.81
1989	82.11	93.44	103.94	14.11	3.19	0.19	2.37	3.77	12.41	39.47	38.14	108.61
1990	56.17	83.63	64.13	11.64	3.16	3.68	1.90	2.61	23.79	46.04	45.92	88.40
1991	52.25	88.94	101.22	14.87	3.60	0.00	0.62	1.42	11.24	27.51	39.66	69.75
1992	65.94	75.12	61.41	11.92	1.47	1.03	2.84	10.73	25.95	34.95	51.24	83.54
1993	83.52	89.24	80.56	39.19	2.50	0.05	5.30	18.82	1.95	38.27	77.79	180.70
1994	94.29	78.20	51.19	17.48	0.12	0.00	0.40	0.42	2.29	62.08	50.77	157.53
1995	73.37	72.92	94.70	23.13	3.23	0.12	0.72	0.34	4.63	8.33	54.41	117.31
1996	64.98	131.69	51.52	29.03	0.53	0.00	0.42	11.25	11.18	44.70	37.63	76.01
1997	82.36	108.40	71.29	15.07	6.78	0.00	0.66	11.56	8.96	16.36	63.36	95.44
1998	101.52	77.69	82.52	11.54	0.89	1.20	0.00	0.69	2.65	32.22	29.20	99.39
1999	90.46	165.83	89.02	38.92	3.67	1.34	2.24	0.08	27.43	44.17	42.38	123.78
2000	102.62	160.26	66.62	19.20	2.63	4.47	10.25	8.06	6.87	55.70	21.19	152.09
2001	123.61	80.83	109.10	17.99	6.00	0.15	14.12	14.05	5.24	34.51	39.30	84.51
2002	50.38	127.98	79.53	42.08	4.73	5.04	25.17	6.38	22.28	62.45	59.74	124.56
2003	84.06	132.27	103.02	20.78	2.48	0.30	1.18	12.56	15.57	23.85	34.77	142.65
2004	82.00	113.77	43.72	28.04	3.87	4.12	16.29	9.70	21.84	24.82	36.32	168.77
2005	42.67	76.22	66.41	23.68	0.95	0.00	9.50	2.12	9.16	28.25	43.44	154.13
2006	100.10	98.60	65.39	30.38	0.00	3.33	0.48	0.84	2.78	41.24	68.68	139.64
2007	54.53	78.19	107.64	13.44	4.10	0.00	8.38	0.88	1.10	35.93	36.23	196.68
2008	77.67	85.56	71.17	13.40	4.92	3.38	0.27	4.24	4.69	30.09	47.72	123.78
2009	75.01	136.35	63.67	29.65	2.57	0.00	7.92	2.62	3.03	30.68	89.99	87.94
2010	88.96	96.31	66.60	21.32	4.81	0.00	1.95	3.39	6.17	33.75	30.70	145.95
2011	101.58	152.17	85.85	31.44	2.25	1.25	7.85	7.32	16.51	31.77	54.39	98.12
2012	77.82	199.51	135.85	41.58	1.22	2.83	4.41	0.98	12.24	37.86	27.77	250.87
2013	57.91	112.86	82.38	6.58	1.91	0.67	2.52	16.45	6.68	45.39	70.88	123.35
2014	95.20	97.64	88.71	26.93	2.44	0.00	3.17	1.23	13.75	40.36	29.64	145.33
2015	102.27	129.55	104.39	27.96	4.20	0.19	4.09	11.21	20.75	20.38	40.81	84.29
2016	39.07	143.39	33.07	30.95	0.68	1.44	5.28	8.28	11.13	32.72	39.88	129.23
2017	107.75	133.94	89.00	9.62	1.02	0.81	0.67	10.35	1.93	40.35	44.01	83.33
2018	76.40	94.68	61.67	27.40	1.93	0.15	1.11	18.58	11.77	33.07	4.12	64.12
2019	90.51	72.21	64.55	21.31	2.48	0.45	6.97	18.85	8.52	18.75	53.03	79.01
2020	93.74	92.22	102.97	16.48	1.37	0.38	0.78	8.31	1.97	15.82	52.05	110.76
PROMEDIO	80.57	105.41	74.05	23.01	2.91	1.05	4.42	6.86	9.51	31.99	43.02	111.91

N° DATOS	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40
P. MÁXIMA	123.61	199.51	135.85	43.69	14.19	5.04	25.17	18.85	27.43	62.45	89.99	250.87
P. MÍNIMA	39.07	53.15	1.17	4.83	0.00	0.00	0.00	0.08	0.60	3.46	2.06	1.93

Fuente: Recopilación propia

Figura 56. Precipitación sector – PISCO 4.

REGISTRO METEOROLÓGICO
PRECIPITACIÓN MENSUAL - ANUAL (mm)

ESTACIÓN: **PISCO4 - SENAMHI** LAT.: -13.66 REGIÓN: **APURÍMAC**
SUBCUENCA: **RIO DEL PACHACHACA** LONG.: -72.88 PROV.: **ABANCAY**
MICROCUENCA: **MARIÑO** ALT.: 2993 DIST.: **ABANCAY**

AÑOS	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
1981	129.61	174.59	87.31	48.73	0.10	0.00	2.90	25.76	15.23	51.57	123.32	145.78
1982	206.08	251.54	132.47	42.19	0.24	0.10	2.45	23.03	6.73	20.64	116.62	72.68
1983	135.60	94.17	79.15	45.43	2.26	0.29	1.26	2.58	1.94	4.90	53.74	119.54
1984	202.41	216.40	2.19	9.61	2.27	1.59	2.49	3.12	2.20	3.84	6.45	2.01
1985	176.88	144.10	132.69	90.83	31.88	10.55	7.35	2.82	11.63	42.92	74.61	124.76
1986	114.54	144.44	164.87	44.36	5.01	0.00	1.47	15.29	23.62	30.28	28.15	68.93
1987	144.53	123.77	43.76	52.77	7.06	0.00	15.28	2.28	8.96	38.72	56.36	112.50
1988	184.97	157.35	132.10	76.91	6.41	0.00	1.13	1.71	0.86	30.18	3.80	2.60
1989	160.89	146.91	190.30	28.37	6.59	0.54	5.17	10.72	17.21	54.67	71.65	97.38
1990	122.92	172.53	130.79	25.77	6.55	6.92	4.43	6.93	35.51	63.09	79.49	105.33
1991	113.68	158.77	174.99	32.83	8.71	0.13	1.33	3.59	16.02	37.37	66.15	67.36
1992	123.09	142.19	114.54	26.28	2.95	1.75	7.43	24.21	36.54	50.21	97.55	89.63
1993	169.70	157.39	147.02	76.39	5.61	0.36	11.67	41.57	2.63	52.76	135.40	211.33
1994	182.42	132.77	84.76	35.61	0.61	0.10	1.01	1.30	3.06	79.15	87.01	184.40
1995	142.58	141.13	162.68	44.48	9.41	0.52	1.88	1.51	6.44	11.38	98.45	129.86
1996	148.08	233.49	96.20	65.02	1.57	0.03	0.98	27.92	16.19	61.14	63.34	79.42
1997	178.82	193.64	127.96	32.01	14.66	0.00	1.31	27.33	14.37	21.86	102.53	100.48
1998	162.02	124.03	159.94	24.92	2.32	2.38	0.00	2.30	4.83	44.59	57.36	108.61
1999	176.22	256.40	164.09	76.57	7.79	3.36	5.46	0.52	49.95	63.74	79.47	129.02
2000	214.02	291.13	123.53	39.37	5.22	7.53	21.39	19.18	9.80	75.72	41.65	189.68
2001	234.27	141.97	178.87	36.27	16.42	0.86	27.13	27.27	7.24	40.58	55.27	91.74
2002	106.31	202.68	129.63	75.96	11.17	5.21	50.61	14.41	32.64	77.72	103.48	128.92
2003	157.22	208.85	187.53	38.62	5.99	0.68	2.46	33.85	25.21	29.29	51.13	163.50
2004	146.93	198.71	81.69	57.37	7.79	9.08	31.51	23.00	30.00	29.81	55.04	183.22
2005	91.22	138.74	123.74	49.63	2.51	0.00	18.17	4.90	16.34	43.21	76.97	163.18
2006	193.65	155.10	99.60	57.68	0.00	6.16	0.97	2.79	4.31	58.54	132.30	154.13
2007	106.94	136.46	184.52	28.93	13.44	0.00	19.06	3.35	1.66	49.17	60.94	196.97
2008	144.31	129.50	112.50	28.00	13.68	7.69	0.78	11.25	6.24	36.62	78.68	116.68
2009	134.64	208.82	119.74	70.61	4.51	0.00	17.84	8.24	2.73	43.18	153.85	81.03
2010	175.57	169.88	105.51	47.43	10.23	0.03	3.98	10.60	7.89	47.44	47.76	181.44
2011	226.57	258.56	161.78	61.73	5.12	2.73	17.28	16.95	24.62	45.66	100.73	110.05
2012	155.82	343.57	237.74	90.13	5.79	5.96	8.48	2.99	19.54	53.14	44.33	257.14
2013	119.85	187.42	130.66	18.17	8.56	1.22	5.87	31.77	11.83	62.30	106.20	147.26
2014	197.06	165.28	162.53	47.49	10.11	0.00	6.10	2.82	25.65	60.33	49.94	175.27
2015	186.62	216.52	181.97	51.93	16.86	0.29	7.15	20.60	34.24	29.43	69.31	80.43
2016	68.92	233.49	50.46	57.16	3.46	1.61	8.98	14.29	16.47	45.57	72.03	151.17
2017	141.27	179.40	126.64	83.43	4.86	0.06	45.32	5.85	18.78	57.07	64.48	133.92
2018	149.80	184.60	97.88	40.58	6.05	0.77	1.62	0.46	52.23	71.03	83.84	160.53
2019	108.57	235.36	175.06	21.67	7.73	0.85	7.29	0.17	10.46	77.65	159.57	151.28
2020	134.43	118.07	55.92	38.63	20.67	1.18	28.84	3.72	12.03	71.51	37.73	111.29
PROMEDIO	154.23	181.74	128.88	47.95	7.55	2.16	10.15	12.32	16.10	46.70	76.17	127.01
N° DATOS	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40
P. MÁXIMA	234.27	343.57	237.74	90.83	31.88	10.55	50.61	41.57	52.23	79.15	159.57	257.14
P. MÍNIMA	68.92	94.17	2.19	9.61	0.00	0.00	0.00	0.17	0.86	3.84	3.80	2.01

Fuente: Recopilación propia

Figura 57. Temperatura promedio sector – PISCO 1.

REGISTRO HIDROMETEOROLÓGICO
TEMPERATURA MEDIA MENSUAL - ANUAL (mm)

ESTACIÓN: **PISCO1 - SENAMHI** LAT.: -13.62 REGIÓN: **APURÍMAC**
SUBCUENCA: **RIO DEL PACHACHACA** LONG.: -72.81 PROV.: **ABANCAY**
MICROCUENCA: **MARIÑO** ALT.: 3776 DIST.: **ABANCAY**

AÑOS	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
1981	15.55	15.46	14.81	15.01	13.93	14.02	13.97	14.72	16.16	17.45	16.62	15.42
1982	15.44	15.34	15.08	14.91	13.99	14.51	14.63	16.11	16.42	17.09	16.66	17.13
1983	16.52	16.74	16.85	16.56	14.64	15.38	15.19	15.83	16.56	17.34	15.95	14.68
1984	15.12	15.29	14.98	15.22	14.07	13.55	13.86	15.44	16.32	16.74	15.85	15.45
1985	15.04	15.37	15.03	14.80	13.15	13.00	14.55	15.60	16.19	16.49	15.76	15.50
1986	15.07	15.15	15.18	14.37	13.90	13.36	14.50	15.77	16.08	16.91	16.35	16.07
1987	16.10	15.84	15.66	15.35	14.24	14.63	15.34	16.86	16.93	17.86	16.98	16.41
1988	16.10	15.73	15.51	15.33	14.00	13.89	15.20	16.09	16.72	17.31	15.96	15.13
1989	14.80	14.63	14.92	14.84	13.88	13.42	14.09	16.07	16.37	16.78	16.66	15.49
1990	15.43	15.41	15.58	15.51	13.87	13.84	14.73	15.98	16.61	17.42	16.41	16.36
1991	16.04	15.56	15.32	15.69	14.36	13.99	14.60	15.58	15.92	16.88	16.31	15.96
1992	15.85	15.67	15.78	16.45	14.21	13.42	14.09	15.69	16.06	16.91	16.38	15.36
1993	15.19	14.93	15.40	15.71	14.40	14.33	13.89	15.60	16.10	17.25	16.46	15.60
1994	15.50	15.12	15.33	15.47	14.05	14.17	14.67	16.28	16.50	17.35	16.92	16.31
1995	16.14	15.47	15.60	15.58	14.45	15.08	15.78	16.26	16.85	17.32	16.38	15.68
1996	15.42	15.85	15.57	15.32	13.82	13.81	14.66	16.27	16.65	16.97	16.19	15.46
1997	15.32	15.33	15.19	14.85	14.05	14.70	14.21	16.20	17.41	17.46	17.44	17.09
1998	17.21	17.05	17.04	16.26	14.71	14.92	15.65	16.68	16.98	17.39	16.52	15.96
1999	15.18	14.92	14.88	15.29	14.11	13.55	14.39	15.78	15.64	17.13	16.19	15.21
2000	15.07	14.94	15.46	15.51	13.90	13.80	14.80	16.13	15.81	17.48	16.27	15.03
2001	15.22	14.89	15.00	15.00	13.75	14.26	14.19	16.06	16.78	17.63	16.80	16.26
2002	15.67	15.73	15.45	15.31	14.38	13.53	14.68	15.81	16.57	17.27	16.86	16.38
2003	16.26	15.60	15.44	15.53	14.62	14.14	14.51	15.74	17.05	17.72	16.77	15.94
2004	15.74	15.84	15.74	15.46	13.72	13.65	13.66	15.57	16.66	17.60	16.79	16.49
2005	16.36	16.17	16.17	15.88	14.56	14.50	15.16	15.82	16.74	17.51	16.62	15.81
2006	16.19	15.89	15.62	14.96	14.66	14.46	15.34	16.42	16.81	16.71	16.94	16.66
2007	16.34	15.50	15.65	15.58	14.78	14.13	14.94	15.96	16.70	17.40	16.51	15.39
2008	15.61	15.29	15.32	15.16	14.25	14.81	15.82	16.40	16.78	17.83	16.72	15.97
2009	15.86	15.77	15.97	15.76	14.55	14.62	15.73	16.72	17.48	17.79	16.96	16.46
2010	16.93	16.75	16.53	16.13	15.26	15.44	15.72	17.28	17.10	17.83	16.45	16.02
2011	15.43	15.58	15.65	15.46	14.77	14.32	15.42	16.36	16.77	18.22	16.43	16.24
2012	15.29	15.45	15.75	15.34	14.21	14.64	15.19	16.61	17.27	18.00	16.13	16.08
2013	16.25	16.27	15.94	16.01	14.50	14.36	15.08	16.67	16.96	17.72	16.54	16.15
2014	15.80	15.94	15.80	15.67	15.69	14.92	15.09	16.65	17.16	18.39	17.24	15.82
2015	16.36	15.97	15.69	15.78	15.31	14.98	15.81	17.47	17.49	18.37	17.12	17.56
2016	17.08	17.17	16.73	16.28	14.76	15.04	15.62	16.91	16.78	17.78	16.91	16.91
2017	16.59	15.38	15.70	15.73	13.96	14.58	15.98	16.43	16.65	17.31	17.09	15.58
2018	15.56	15.13	15.36	16.00	13.71	14.96	15.59	16.64	16.22	17.59	15.97	16.12
2019	15.24	15.65	15.69	15.48	14.62	14.16	15.78	16.10	16.37	17.48	16.28	15.75
2020	16.04	14.96	15.33	15.33	14.92	14.87	15.73	15.97	17.19	16.97	16.21	16.12
PROMEDIO	15.78	15.63	15.60	15.50	14.32	14.29	14.95	16.16	16.65	17.42	16.54	15.98

N° DATOS	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40
V. MÁXIMA	17.21	17.17	17.04	16.56	15.69	15.44	15.98	17.47	17.49	18.39	17.44	17.56
V. MÍNIMA	14.80	14.63	14.81	14.37	13.15	13.00	13.66	14.72	15.64	16.49	15.76	14.68

Fuente: Recopilación propia.

Figura 58. Temperatura promedio sector – PISCO 2.

REGISTRO HIDROMETEOROLÓGICO
TEMPERATURA MEDIA MENSUAL - ANUAL (mm)

ESTACIÓN: PISCO2 - SENAMHI LAT.: -13.6 REGIÓN: APURÍMAC
SUBCUENCA: RIO DEL PACHACHACA LONG.: -72.88 PROV.: ABANCAY
MICROCUENCA: MARIÑO ALT.: 3158 DIST.: ABANCAY

AÑOS	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
1981	14.88	14.50	13.60	13.31	11.94	12.42	12.29	13.28	14.80	16.37	15.79	14.73
1982	14.78	14.39	13.86	13.19	12.05	12.92	12.88	14.33	14.88	16.08	15.71	16.37
1983	15.82	15.77	15.45	14.68	12.65	13.57	13.31	14.30	14.96	16.10	15.08	13.88
1984	14.44	14.30	13.61	13.55	12.22	11.89	12.05	13.71	15.03	15.67	14.95	14.63
1985	14.35	14.38	13.75	13.26	11.59	11.43	12.87	14.07	14.57	15.27	14.82	14.76
1986	14.27	14.10	13.92	12.68	12.02	11.71	12.58	14.18	14.41	15.78	15.35	15.26
1987	15.48	14.61	14.32	13.71	12.39	13.00	13.47	15.14	15.40	16.80	16.10	15.60
1988	15.40	14.71	14.28	13.81	12.10	12.43	13.38	14.63	15.22	16.16	14.89	14.45
1989	14.26	13.56	13.61	13.16	12.03	11.60	12.31	14.45	14.85	15.49	15.62	14.86
1990	14.73	14.54	14.35	13.95	12.07	12.23	12.90	14.35	15.28	16.39	15.49	15.45
1991	15.43	14.60	14.04	14.04	12.30	12.39	12.98	14.12	14.83	15.81	15.36	15.19
1992	15.25	14.82	14.56	14.56	12.45	11.97	12.33	13.97	14.67	15.77	15.49	14.66
1993	14.51	14.00	14.09	13.87	12.34	12.67	12.09	13.97	14.71	16.35	15.58	14.88
1994	14.83	14.24	14.02	13.70	12.13	12.61	12.85	14.75	14.94	16.25	16.06	15.63
1995	15.51	14.50	14.42	13.82	12.54	13.48	13.84	14.86	15.31	16.19	15.51	14.81
1996	14.77	14.65	14.41	13.84	11.93	12.31	13.10	14.80	15.27	15.94	15.44	14.68
1997	14.69	14.27	13.86	13.45	11.87	13.23	12.61	14.77	15.87	16.62	16.70	16.41
1998	16.47	16.04	15.66	14.64	13.11	13.23	13.80	14.93	15.55	16.21	15.63	15.22
1999	14.64	14.04	13.79	13.67	12.08	12.10	12.63	14.15	14.59	15.97	15.35	14.52
2000	14.37	13.95	14.15	13.89	11.95	12.10	13.07	14.40	14.47	16.25	15.59	14.33
2001	14.60	13.82	13.46	13.36	12.04	12.65	12.73	14.78	15.49	16.62	16.03	15.63
2002	15.06	14.74	14.23	13.87	12.73	12.03	13.05	14.45	15.32	16.36	16.11	15.82
2003	15.66	14.67	14.29	14.03	12.76	12.67	12.80	14.22	15.54	16.67	15.95	15.29
2004	15.24	15.18	14.49	13.91	12.18	12.22	12.45	14.32	15.18	16.50	15.98	15.75
2005	15.81	15.22	14.94	14.20	12.56	13.03	13.31	14.26	15.12	16.31	15.71	15.20
2006	15.55	14.92	14.35	13.35	12.85	13.04	13.62	14.76	15.29	16.06	16.13	16.15
2007	15.66	14.60	14.39	13.96	12.99	12.55	13.28	14.50	15.12	16.22	15.61	14.73
2008	14.83	14.25	13.91	13.31	12.37	12.89	13.62	14.62	15.24	16.67	15.68	15.28
2009	15.17	14.77	14.66	14.03	12.47	13.00	13.71	15.14	15.95	16.82	16.13	15.92
2010	16.42	15.87	15.31	14.46	13.39	13.55	13.83	15.29	15.40	16.36	15.53	15.29
2011	14.69	14.58	14.32	13.97	12.79	12.82	13.57	14.85	15.08	17.01	15.60	15.32
2012	14.63	14.67	14.39	13.90	12.51	13.24	13.46	15.06	15.78	16.92	15.56	15.65
2013	15.60	15.19	14.67	14.36	12.76	12.74	13.28	15.04	15.48	16.63	15.96	15.49
2014	15.78	15.25	14.85	14.24	13.80	13.46	13.34	15.24	15.87	17.26	16.51	15.41
2015	15.75	14.99	14.51	14.32	13.57	13.36	14.09	15.83	16.02	17.34	16.61	16.99
2016	16.58	16.15	15.47	14.61	12.86	13.46	13.81	15.25	15.50	16.61	16.11	16.11
2017	15.76	14.67	14.78	14.09	12.07	12.84	12.24	14.93	14.58	16.75	15.73	15.79
2018	14.80	13.80	13.90	13.81	13.21	13.14	13.33	15.73	15.05	17.03	15.93	16.15
2019	15.85	15.06	15.15	13.33	12.76	12.92	12.26	14.21	15.37	15.57	16.10	14.78
2020	14.78	15.26	14.49	13.59	11.83	12.67	12.97	14.42	14.99	15.21	15.36	15.73
PROMEDIO	15.18	14.70	14.33	13.84	12.46	12.69	13.01	14.60	15.17	16.30	15.72	15.32
N° DATOS	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40
P. MÁXIMA	16.58	16.15	15.66	14.68	13.80	13.57	14.09	15.83	16.02	17.34	16.70	16.99
P. MÍNIMA	14.26	13.56	13.46	12.68	11.59	11.43	12.05	13.28	14.41	15.21	14.82	13.88

Fuente: Recopilación propia.

Figura 59. Temperatura promedio sector – PISCO 3.

REGISTRO HIDROMETEOROLÓGICO
TEMPERATURA MEDIA MENSUAL - ANUAL (mm)

ESTACIÓN: PISCO3 - SENAMHI LAT.: -13.67 REGIÓN: APURÍMAC
SUBCUENCA: RIO DEL PACHACHACA LONG.: -72.79 PROV.: ABANCAY
MICROCUENCA: MARIÑO ALT.: 4216 DIST.: ABANCAY

AÑOS	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
1981	12.42	12.31	11.57	10.75	8.82	9.62	9.71	11.26	12.54	13.96	13.63	12.48
1982	12.35	12.19	11.78	10.59	9.03	10.31	10.44	12.06	12.75	14.34	13.63	14.13
1983	13.85	13.48	12.93	11.80	9.39	10.31	10.49	11.62	12.67	13.71	12.94	11.56
1984	11.98	12.06	11.38	10.98	9.23	9.13	9.33	11.10	12.93	13.43	12.76	11.92
1985	11.85	12.27	11.59	11.11	9.33	9.02	10.55	11.91	12.27	13.02	12.54	12.47
1986	11.56	11.79	11.83	10.42	9.08	9.05	9.97	11.90	12.05	13.73	13.31	12.98
1987	13.42	12.44	12.10	11.22	9.47	10.48	10.84	12.41	13.01	14.62	13.89	13.09
1988	12.94	12.45	12.14	11.52	8.85	9.80	10.59	12.12	12.80	13.78	12.48	12.32
1989	11.64	11.23	11.49	10.75	9.15	9.12	9.84	11.65	12.62	13.09	12.88	12.83
1990	12.17	12.43	12.05	11.27	9.30	9.41	10.17	11.55	12.94	14.34	13.08	12.75
1991	12.95	12.43	11.88	11.59	8.94	9.56	10.30	11.98	12.77	13.63	12.97	12.86
1992	12.61	12.82	12.23	11.72	9.48	9.33	9.71	11.33	12.63	13.48	13.11	12.25
1993	11.99	11.93	11.89	11.05	9.22	9.91	9.91	11.47	12.74	14.08	13.40	12.60
1994	12.40	12.22	11.96	11.45	9.08	10.03	10.32	12.58	12.72	14.03	13.73	13.30
1995	12.80	12.23	12.11	11.12	9.46	10.25	10.61	12.45	12.93	13.96	13.12	12.09
1996	12.14	12.06	11.96	11.47	8.78	9.82	10.63	12.45	12.95	13.77	13.40	12.23
1997	12.28	11.92	11.60	11.49	8.41	10.81	10.42	12.59	13.49	14.43	14.32	13.95
1998	13.84	13.65	13.12	11.84	10.20	10.35	10.79	12.12	13.21	13.94	13.03	12.67
1999	11.86	11.66	11.92	11.23	8.73	9.67	10.18	11.80	12.84	13.39	13.00	12.13
2000	11.76	11.82	12.03	11.40	8.79	9.25	10.57	11.71	12.73	13.50	13.41	12.16
2001	12.33	11.83	11.96	11.09	9.21	9.92	10.77	12.60	13.63	14.27	13.95	13.42
2002	12.75	12.54	12.08	12.00	10.19	9.89	10.99	12.40	13.51	14.49	14.03	13.82
2003	13.28	12.49	12.21	11.85	9.86	10.27	10.52	12.09	13.28	14.39	13.77	12.94
2004	12.80	13.31	12.03	11.32	9.66	9.79	10.76	12.50	13.07	14.28	13.86	13.28
2005	13.54	12.88	12.69	11.58	9.51	10.58	10.73	11.98	12.92	14.03	13.40	13.03
2006	13.02	12.69	12.06	10.97	9.95	10.72	11.13	12.34	13.02	14.46	13.85	14.12
2007	12.93	12.53	12.20	11.26	10.12	9.97	10.45	12.69	12.88	14.12	13.05	12.49
2008	12.10	11.82	11.38	10.40	9.13	9.96	10.47	12.12	13.00	14.35	12.97	13.10
2009	12.62	12.37	12.34	11.46	9.05	10.30	10.72	12.80	13.54	14.78	13.86	13.74
2010	14.26	13.71	13.10	11.88	10.21	10.07	10.89	12.46	12.71	13.11	12.70	12.29
2011	12.00	11.65	12.02	11.52	9.53	10.01	10.76	12.76	12.36	14.28	13.20	12.71
2012	12.09	12.53	11.98	11.66	9.65	10.76	10.86	12.93	13.36	14.50	13.23	13.78
2013	12.93	12.61	12.32	11.64	10.07	10.71	10.62	12.68	13.28	14.20	13.85	13.18
2014	13.07	12.69	12.80	11.41	10.54	10.95	10.92	13.00	13.90	14.55	14.07	13.47
2015	13.11	12.75	12.71	11.90	10.76	10.60	11.70	13.23	13.85	15.13	14.89	14.69
2016	14.34	13.81	13.18	12.01	9.75	10.80	11.22	12.75	13.41	14.37	13.74	13.74
2017	12.49	12.32	12.24	11.51	9.59	9.15	10.17	11.88	12.45	14.54	12.85	13.53
2018	12.04	12.03	11.61	11.98	8.79	10.12	10.90	12.65	12.04	13.84	12.79	14.11
2019	13.17	13.32	12.15	11.33	8.81	10.45	10.98	12.90	12.80	14.60	13.54	14.04
2020	13.52	12.96	11.83	11.49	8.85	10.15	10.79	12.10	12.18	14.25	12.83	12.57
PROMEDIO	12.68	12.46	12.12	11.38	9.40	10.01	10.54	12.22	12.92	14.07	13.38	13.02
N° DATOS	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40
P. MÁXIMA	14.34	13.81	13.18	12.01	10.76	10.95	11.70	13.23	13.90	15.13	14.89	14.69
P. MÍNIMA	11.56	11.23	11.38	10.40	8.41	9.02	9.33	11.10	12.04	13.02	12.48	11.56

Fuente: Recopilación propia.

Figura 60. Temperatura promedio sector – PISCO 4.

REGISTRO HIDROMETEOROLÓGICO
TEMPERATURA MEDIA MENSUAL - ANUAL (mm)

ESTACIÓN: **PISCO4 - SENAMHI** LAT.: -13.66 REGIÓN: **APURÍMAC**
SUBCUENCA: **RIO DEL PACHACHACA** LONG.: -72.88 PROV.: **ABANCAY**
MICROCUENCA: **MARIÑO** ALT.: 2993 DIST.: **ABANCAY**

AÑOS	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
1981	15.55	15.46	14.81	15.01	13.93	14.02	13.97	14.72	16.16	17.45	16.62	15.42
1982	15.44	15.34	15.08	14.91	13.99	14.51	14.63	16.11	16.42	17.09	16.66	17.13
1983	16.52	16.74	16.85	16.56	14.64	15.38	15.19	15.83	16.56	17.34	15.95	14.68
1984	15.12	15.29	14.98	15.22	14.07	13.55	13.86	15.44	16.32	16.74	15.85	15.45
1985	15.04	15.37	15.03	14.80	13.15	13.00	14.55	15.60	16.19	16.49	15.76	15.50
1986	15.07	15.15	15.18	14.37	13.90	13.36	14.50	15.77	16.08	16.91	16.35	16.07
1987	16.10	15.84	15.66	15.35	14.24	14.63	15.34	16.86	16.93	17.86	16.98	16.41
1988	16.10	15.73	15.51	15.33	14.00	13.89	15.20	16.09	16.72	17.31	15.96	15.13
1989	14.80	14.63	14.92	14.84	13.88	13.42	14.09	16.07	16.37	16.78	16.66	15.49
1990	15.43	15.41	15.58	15.51	13.87	13.84	14.73	15.98	16.61	17.42	16.41	16.36
1991	16.04	15.56	15.32	15.69	14.36	13.99	14.60	15.58	15.92	16.88	16.31	15.96
1992	15.85	15.67	15.78	16.45	14.21	13.42	14.09	15.69	16.06	16.91	16.38	15.36
1993	15.19	14.93	15.40	15.71	14.40	14.33	13.89	15.60	16.10	17.25	16.46	15.60
1994	15.50	15.12	15.33	15.47	14.05	14.17	14.67	16.28	16.50	17.35	16.92	16.31
1995	16.14	15.47	15.60	15.58	14.45	15.08	15.78	16.26	16.85	17.32	16.38	15.68
1996	15.42	15.85	15.57	15.32	13.82	13.81	14.66	16.27	16.65	16.97	16.19	15.46
1997	15.32	15.33	15.19	14.85	14.05	14.70	14.21	16.20	17.41	17.46	17.44	17.09
1998	17.21	17.05	17.04	16.26	14.71	14.92	15.65	16.68	16.98	17.39	16.52	15.96
1999	15.18	14.92	14.88	15.29	14.11	13.55	14.39	15.78	15.64	17.13	16.19	15.21
2000	15.07	14.94	15.46	15.51	13.90	13.80	14.80	16.13	15.81	17.48	16.27	15.03
2001	15.22	14.89	15.00	15.00	13.75	14.26	14.19	16.06	16.78	17.63	16.80	16.26
2002	15.67	15.73	15.45	15.31	14.38	13.53	14.68	15.81	16.57	17.27	16.86	16.38
2003	16.26	15.60	15.44	15.53	14.62	14.14	14.51	15.74	17.05	17.72	16.77	15.94
2004	15.74	15.84	15.74	15.46	13.72	13.65	13.66	15.57	16.66	17.60	16.79	16.49
2005	16.36	16.17	16.17	15.88	14.56	14.50	15.16	15.82	16.74	17.51	16.62	15.81
2006	16.19	15.89	15.62	14.96	14.66	14.46	15.34	16.42	16.81	16.71	16.94	16.66
2007	16.34	15.50	15.65	15.58	14.78	14.13	14.94	15.96	16.70	17.40	16.51	15.39
2008	15.61	15.29	15.32	15.16	14.25	14.81	15.82	16.40	16.78	17.83	16.72	15.97
2009	15.86	15.77	15.97	15.76	14.55	14.62	15.73	16.72	17.48	17.79	16.96	16.46
2010	16.93	16.75	16.53	16.13	15.26	15.44	15.72	17.28	17.10	17.83	16.45	16.02
2011	15.43	15.58	15.65	15.46	14.77	14.32	15.42	16.36	16.77	18.22	16.43	16.24
2012	15.29	15.45	15.75	15.34	14.21	14.64	15.19	16.61	17.27	18.00	16.13	16.08
2013	16.25	16.27	15.94	16.01	14.50	14.36	15.08	16.67	16.96	17.72	16.54	16.15
2014	15.80	15.94	15.80	15.67	15.69	14.92	15.09	16.65	17.16	18.39	17.24	15.82
2015	16.36	15.97	15.69	15.78	15.31	14.98	15.81	17.47	17.49	18.37	17.12	17.56
2016	17.08	17.17	16.73	16.28	14.76	15.04	15.62	16.91	16.78	17.78	16.91	16.91
2017	15.54	15.00	15.36	15.54	14.42	14.44	14.72	15.09	16.57	17.28	16.38	16.65
2018	15.69	15.57	15.78	15.91	14.83	14.30	14.31	16.24	17.11	17.65	16.65	15.89
2019	16.30	15.51	15.21	14.98	14.25	14.17	15.20	15.69	16.54	17.11	17.01	16.88
2020	16.36	15.45	15.79	15.45	15.00	14.56	15.07	15.61	16.64	17.15	17.44	16.41
PROMEDIO	15.81	15.63	15.61	15.48	14.35	14.27	14.85	16.10	16.66	17.41	16.59	16.03

N° DATOS	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40
P. MÁXIMA	17.21	17.17	17.04	16.56	15.69	15.44	15.82	17.47	17.49	18.39	17.44	17.56
P. MÍNIMA	14.80	14.63	14.81	14.37	13.15	13.00	13.66	14.72	15.64	16.49	15.76	14.68

Fuente: Recopilación propia.

Figura 61. Evapotranspiración de referencia – PISCO 1.

REGISTRO HIDROMETEOROLÓGICO
EVAPOTRANSPIRACIÓN MENSUAL - ANUAL (mm)

ESTACIÓN: **PISCO1 - SENAMHI** LAT.: -13.62 REGIÓN: **APURÍMAC**
SUBCUENCA: **RIO DEL PACHACHACA** LONG.: -72.81 PROV.: **ABANCAY**
MICROCUENCA: **MARIÑO** ALT.: 3776 DIST.: **ABANCAY**

AÑOS	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
1981	76.43	63.49	73.49	84.49	97.82	102.31	114.13	112.52	105.31	107.91	99.93	96.03
1982	87.93	71.01	72.77	71.94	82.77	92.26	105.44	113.67	109.00	111.37	106.30	109.36
1983	102.68	84.19	83.81	72.12	74.65	75.79	90.06	105.24	105.72	115.33	106.42	108.46
1984	102.85	91.96	93.26	81.43	74.44	67.94	74.89	85.47	93.26	105.84	111.12	110.98
1985	108.17	96.46	99.84	94.03	86.56	74.79	70.23	72.46	77.42	92.68	100.03	112.05
1986	112.49	96.00	105.96	102.39	100.33	87.57	81.92	71.74	67.06	76.54	82.38	100.03
1987	106.45	100.42	107.20	102.81	103.24	97.58	91.47	82.95	72.38	71.19	70.33	80.35
1988	94.60	96.50	113.98	109.23	105.52	100.87	102.41	94.31	80.82	74.77	68.42	70.81
1989	79.53	84.43	104.19	103.37	112.25	105.10	111.02	107.53	98.40	89.94	77.99	70.37
1990	69.15	69.27	85.79	96.19	104.50	107.80	107.65	80.20	88.65	100.65	102.92	105.02
1991	103.64	89.74	96.53	90.25	81.44	72.03	63.40	64.57	71.69	88.11	92.46	106.08
1992	102.08	95.48	101.93	94.92	92.42	82.95	74.25	66.74	65.42	70.69	79.95	95.10
1993	103.13	97.84	107.39	100.04	104.11	96.04	92.21	81.39	69.20	67.75	71.61	83.31
1994	96.95	93.90	111.91	107.86	109.44	102.86	101.79	93.80	81.32	77.28	65.05	70.54
1995	81.33	83.25	100.83	107.26	110.82	103.51	102.47	100.29	92.91	87.52	76.24	70.87
1996	70.34	69.45	87.32	95.32	107.40	108.24	112.20	106.19	101.14	99.07	90.85	85.08
1997	74.34	61.84	72.77	80.29	95.15	101.24	111.38	111.61	105.80	107.46	100.32	94.56
1998	85.65	71.55	71.02	69.42	78.17	86.86	100.95	106.15	106.87	107.99	103.44	104.09
1999	97.91	81.77	83.36	69.43	69.69	71.07	83.27	97.38	100.07	109.60	104.87	104.29
2000	102.38	91.52	90.67	79.82	72.96	67.24	72.93	77.87	89.23	100.68	105.04	107.91
2001	103.81	91.56	99.49	88.77	82.64	73.25	66.54	69.21	74.48	90.06	96.92	105.89
2002	108.64	99.08	104.05	97.45	94.35	84.98	77.52	69.10	66.74	75.54	83.42	96.90
2003	104.40	99.34	104.97	100.06	99.44	96.21	88.51	80.70	68.19	65.04	67.26	79.84
2004	93.63	96.51	107.32	100.38	106.02	96.93	97.79	91.61	78.97	72.83	68.56	70.86
2005	75.59	83.39	101.15	105.94	114.76	108.86	112.47	110.01	100.19	94.40	80.59	73.96
2006	71.40	71.88	89.50	99.24	107.64	109.65	110.15	108.16	98.80	97.12	88.00	83.24
2007	72.79	62.86	71.54	79.83	95.73	98.96	110.32	110.01	102.55	103.84	97.49	92.33
2008	86.08	72.87	70.83	67.83	79.19	90.31	100.32	109.54	108.46	108.23	99.61	101.43
2009	95.54	80.27	79.59	69.37	70.85	74.57	85.37	100.22	105.39	114.42	107.72	109.57
2010	104.40	90.86	93.95	80.69	76.09	67.44	71.26	82.54	93.15	105.25	106.84	111.45
2011	110.78	97.62	102.51	91.85	86.20	73.20	71.46	70.49	75.03	87.90	99.28	109.95
2012	113.46	100.20	106.69	98.76	97.33	85.41	78.59	69.06	64.72	70.93	79.45	95.31
2013	105.52	100.96	107.77	104.33	104.89	99.00	91.25	82.05	70.60	68.44	68.30	82.49
2014	92.88	90.23	109.44	106.10	105.11	99.57	101.89	92.95	81.71	73.49	66.53	69.13
2015	79.17	81.61	99.45	103.24	107.08	103.53	108.88	104.95	92.12	87.89	76.48	69.91
2016	69.24	69.97	86.03	95.70	106.48	106.90	108.36	103.54	100.05	97.61	87.86	80.76
2017	80.12	94.56	102.13	107.51	110.36	55.91	113.37	53.68	92.18	92.28	85.89	112.16
2018	78.09	84.68	65.24	66.90	109.36	91.72	102.66	121.40	65.62	84.06	97.50	122.56
2019	102.03	98.64	93.34	109.08	103.78	99.69	95.81	85.02	100.31	110.01	76.61	121.73
2020	87.44	77.06	82.34	91.02	63.30	59.05	82.95	75.32	61.03	93.78	106.59	97.20
PROMEDIO	92.33	85.86	93.53	91.92	94.61	89.48	93.49	90.54	87.05	90.65	88.91	94.30

N° DATOS	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40
E. MÁXIMA	113.46	100.96	113.98	109.23	114.76	109.65	114.13	121.40	109.00	115.33	111.12	122.56
E. MÍNIMA	69.15	61.84	65.24	66.90	63.30	55.91	63.40	53.68	61.03	65.04	65.05	69.13

Fuente: Recopilación propia.

Figura 62. Evapotranspiración de referencia – PISCO 2.

REGISTRO HIDROMETEOROLÓGICO
EVAPOTRANSPIRACIÓN MENSUAL - ANUAL (mm)

ESTACIÓN: **PISCO2 - SENAMHI** LAT.: -13.6 REGIÓN: **APURÍMAC**
SUBCUENCA: **RIO DEL PACHACHACA** LONG.: -72.88 PROV.: **ABANCAY**
MICROCUENCA: **MARIÑO** ALT.: 3158 DIST.: **ABANCAY**

AÑOS	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
1981	69.98	57.89	66.83	75.68	88.95	95.03	106.90	106.29	100.48	103.52	95.78	90.48
1982	82.03	65.32	65.88	65.80	75.23	84.66	97.95	107.48	105.40	107.25	103.61	106.36
1983	98.86	79.52	77.93	66.41	68.48	69.45	82.93	96.82	98.45	108.33	101.96	104.34
1984	98.89	87.73	87.56	76.02	68.16	62.63	68.54	78.71	86.48	97.49	105.40	105.86
1985	103.61	92.64	95.85	88.65	80.51	69.92	64.63	67.92	71.42	86.67	93.26	106.17
1986	108.32	93.31	103.41	99.04	95.13	82.72	75.97	66.07	61.61	70.44	75.76	93.16
1987	99.94	95.68	104.15	100.36	100.69	94.35	87.83	77.89	66.38	65.23	65.19	73.66
1988	87.87	91.25	107.15	104.15	102.92	98.00	98.50	87.74	76.02	69.32	62.63	65.15
1989	73.20	77.80	96.89	97.89	107.78	102.37	108.09	104.76	94.12	84.86	72.34	64.00
1990	63.82	63.96	78.58	89.51	98.02	101.72	103.43	73.52	81.12	93.75	97.08	100.10
1991	99.29	85.94	92.08	85.22	75.84	66.17	57.46	59.06	65.27	81.31	85.54	98.16
1992	97.26	91.10	97.55	90.76	87.69	77.68	68.73	60.38	59.92	64.34	72.86	87.89
1993	95.17	91.84	102.51	95.89	99.36	90.84	87.07	75.37	62.96	61.47	65.83	76.27
1994	89.24	87.45	106.13	102.73	105.18	98.42	97.46	89.33	76.46	71.55	58.61	65.17
1995	74.33	77.39	94.34	100.90	104.81	99.44	98.89	95.93	87.71	82.00	70.27	64.79
1996	64.36	63.14	79.26	89.19	100.23	101.48	106.21	102.34	97.26	95.43	86.43	79.34
1997	69.09	56.40	67.37	73.96	88.12	94.88	106.39	106.70	101.68	103.40	97.05	89.91
1998	80.39	66.28	64.59	64.41	72.01	81.08	94.59	100.99	102.11	104.10	99.70	100.55
1999	93.60	77.09	77.72	63.74	64.51	65.46	76.83	90.33	93.81	104.23	100.95	100.68
2000	98.95	87.92	85.91	74.70	67.14	61.31	67.19	70.53	82.14	93.56	99.64	103.20
2001	99.65	87.50	95.39	84.56	77.33	67.48	60.00	62.99	67.77	83.79	90.04	99.66
2002	103.17	94.55	100.82	94.43	90.01	79.99	71.50	63.03	61.68	69.52	77.67	90.22
2003	97.52	94.33	100.56	94.96	95.53	90.89	83.50	75.88	62.53	59.14	62.19	73.82
2004	87.16	90.34	101.63	96.44	100.90	93.67	93.77	85.91	73.91	66.89	61.34	65.84
2005	68.77	77.51	93.60	100.13	109.09	104.92	109.01	105.69	95.22	88.46	74.45	67.51
2006	65.47	65.52	82.19	91.63	100.67	103.81	105.60	103.74	95.86	92.50	83.43	78.00
2007	66.95	57.15	66.42	73.15	88.60	93.80	104.32	105.41	98.87	100.52	93.49	87.78
2008	80.99	67.67	64.36	62.08	72.91	82.90	93.78	102.34	102.88	104.05	95.96	98.31
2009	90.63	75.74	74.30	63.97	65.68	68.99	79.94	94.27	99.02	109.28	103.98	105.61
2010	101.38	87.12	89.08	76.43	70.07	62.67	65.95	76.75	87.00	99.43	101.98	107.05
2011	107.44	95.59	99.30	87.97	81.42	68.32	65.27	65.29	68.80	81.84	92.34	103.92
2012	108.28	96.52	102.41	95.71	93.57	80.24	72.95	63.32	60.26	66.22	74.22	89.45
2013	98.50	95.74	103.52	99.81	101.51	93.91	86.51	75.94	63.88	61.94	62.99	74.95
2014	85.41	83.46	102.63	100.65	100.68	96.79	97.58	88.10	76.07	67.36	60.48	64.12
2015	72.71	75.44	92.35	97.63	103.67	99.77	105.48	100.36	88.35	82.15	70.53	63.83
2016	63.62	64.25	79.27	88.65	98.44	100.63	103.50	100.54	95.77	92.34	82.28	74.03
2017	114.55	94.79	58.53	100.30	110.59	98.27	92.41	79.38	56.28	92.70	74.14	71.52
2018	63.33	95.56	92.49	74.67	109.89	103.74	92.74	114.70	79.23	94.35	110.26	89.05
2019	101.03	94.04	93.03	98.30	107.08	64.50	70.87	117.18	104.81	86.37	92.45	78.15
2020	82.48	81.66	85.94	88.98	90.14	90.49	85.39	37.53	70.57	96.60	74.42	74.93
PROMEDIO	87.68	81.60	88.24	86.89	90.46	86.09	87.39	85.91	81.99	85.40	83.71	85.83

N° DATOS	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40
E. MÁXIMA	114.55	96.52	107.15	104.15	110.59	104.92	109.01	117.18	105.40	109.28	110.26	107.05
E. MÍNIMA	63.33	56.40	58.53	62.08	64.51	61.31	57.46	37.53	56.28	59.14	58.61	63.83

Fuente: Recopilación propia.

Figura 63. Evapotranspiración de referencia – PISCO 3.

REGISTRO HIDROMETEOROLÓGICO
EVAPOTRANSPIRACIÓN MENSUAL - ANUAL (mm)

ESTACIÓN: PISCO3 - SENAMHI LAT.: -13.67 REGIÓN: APURÍMAC
SUBCUENCA: RIO DEL PACHACHACA LONG.: -72.79 PROV.: ABANCAY
MICROCUENCA: MARIÑO ALT.: 4216 DIST.: ABANCAY

AÑOS	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
1981	59.06	48.06	56.45	63.85	76.63	84.21	94.52	93.32	87.83	91.69	83.52	78.77
1982	72.38	56.70	54.33	55.74	63.32	73.40	86.23	95.09	97.54	96.12	94.26	95.63
1983	89.63	71.09	67.38	56.57	56.78	57.86	71.46	83.54	85.26	91.77	87.86	89.25
1984	85.29	74.37	76.76	66.39	57.47	52.66	57.61	67.00	77.52	83.00	92.47	92.40
1985	91.87	81.41	84.19	78.19	70.13	61.37	54.67	58.04	61.52	77.45	82.29	93.98
1986	95.58	83.44	93.05	85.94	82.99	72.46	65.79	56.80	53.26	60.80	65.97	82.51
1987	89.06	84.20	93.58	90.52	86.33	82.20	78.09	67.58	55.89	55.08	56.92	64.35
1988	77.61	83.71	92.81	91.09	93.14	86.27	86.34	76.74	68.00	60.44	53.12	55.00
1989	63.66	68.04	85.77	88.77	97.03	93.81	95.60	94.11	83.27	75.07	62.70	53.12
1990	53.82	54.91	67.59	79.14	87.01	90.29	92.07	62.72	68.78	83.89	83.90	88.44
1991	87.52	73.68	80.69	74.58	66.27	57.59	48.56	49.46	54.95	70.78	75.82	83.64
1992	87.55	79.89	85.20	77.95	76.30	68.12	59.40	49.11	50.10	54.85	61.62	77.44
1993	82.52	82.21	91.37	85.17	87.59	81.04	77.02	65.40	52.58	51.42	55.74	65.58
1994	77.36	77.10	94.72	91.27	94.24	85.70	85.68	80.13	68.35	62.44	47.87	55.43
1995	62.48	66.51	83.37	89.68	92.19	87.02	87.90	83.54	76.51	72.33	61.32	54.90
1996	54.60	52.87	67.07	77.36	87.94	88.73	91.19	91.12	86.22	84.41	76.26	67.89
1997	60.42	47.15	56.63	63.35	75.53	84.21	95.42	94.08	87.85	90.09	85.12	78.66
1998	70.99	57.18	52.10	54.32	60.28	71.80	82.31	91.05	90.87	91.98	87.91	88.00
1999	83.63	67.23	67.13	53.31	54.31	55.12	65.62	77.01	83.99	92.99	88.77	87.85
2000	86.25	78.24	75.80	65.54	56.73	51.26	58.22	60.65	71.31	84.30	88.74	92.37
2001	88.76	76.52	84.36	75.48	69.25	58.68	49.75	53.89	58.01	74.81	79.42	88.28
2002	91.48	82.58	89.25	82.60	78.44	69.58	60.92	52.04	51.33	56.43	66.75	77.97
2003	85.39	83.09	88.19	81.43	83.01	78.40	73.65	66.70	52.72	47.97	53.93	63.90
2004	77.01	79.52	89.76	87.58	87.85	80.57	84.38	74.13	65.75	57.86	49.16	57.78
2005	59.07	69.33	82.07	89.68	96.01	93.66	96.92	92.21	84.83	77.84	64.22	56.32
2006	55.49	54.20	68.95	79.18	89.35	91.63	92.20	90.38	84.02	79.84	75.00	68.87
2007	56.92	46.58	58.98	63.37	78.09	86.33	90.99	93.05	85.70	87.63	81.48	78.10
2008	71.29	58.87	53.02	51.44	63.73	70.53	85.09	89.77	92.43	92.83	84.96	87.65
2009	80.65	68.47	65.59	53.97	57.17	59.20	72.38	84.35	88.30	97.72	94.36	93.32
2010	89.87	77.14	78.98	69.70	60.58	55.06	58.31	69.47	77.15	90.65	93.01	96.88
2011	98.05	86.29	88.07	78.32	71.84	60.80	54.50	56.32	59.80	73.21	80.92	93.75
2012	95.74	88.11	89.01	84.06	84.52	70.68	63.00	53.34	52.75	58.55	66.67	80.95
2013	86.85	85.36	92.56	87.12	89.71	81.68	77.33	65.35	53.23	51.58	54.05	63.80
2014	74.53	74.68	92.04	87.69	86.96	86.75	84.97	77.59	66.50	57.85	50.79	55.99
2015	63.09	64.47	81.99	87.39	93.66	90.01	94.77	87.20	78.97	72.94	60.55	53.62
2016	54.40	54.25	68.70	80.31	86.11	90.58	90.02	89.08	82.26	79.24	71.35	64.23
2017	87.31	75.41	82.79	91.20	93.89	82.53	84.78	88.36	83.00	60.16	94.09	103.44
2018	88.61	67.16	81.08	80.63	88.25	71.79	83.53	63.52	69.91	78.50	45.91	50.66
2019	79.36	68.88	93.54	79.68	89.85	26.45	88.27	45.67	38.92	70.70	99.50	42.39
2020	98.35	58.56	71.67	72.55	85.77	97.15	77.64	74.93	95.12	66.96	93.48	92.57
PROMEDIO	77.84	70.19	78.17	76.30	78.91	74.68	77.43	74.10	71.14	73.41	73.79	75.39

N° DATOS	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40
E. MÁXIMA	98.35	88.11	94.72	91.27	97.03	97.15	96.92	95.09	97.54	97.72	99.50	103.44
E. MÍNIMA	53.82	46.58	52.10	51.44	54.31	26.45	48.56	45.67	38.92	47.97	45.91	42.39

Fuente: Recopilación propia.

Figura 64. Evapotranspiración de referencia – PISCO 4.

REGISTRO HIDROMETEOROLÓGICO
EVAPOTRANSPIRACIÓN MENSUAL - ANUAL (mm)

ESTACIÓN: **PISCO4 - SENAMHI** LAT.: -13.66 REGIÓN: **APURÍMAC**
SUBCUENCA: **RIO DEL PACHACHACA** LONG.: -72.88 PROV.: **ABANCAY**
MICROCUENCA: **MARIÑO** ALT.: 2993 DIST.: **ABANCAY**

AÑOS	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
1981	76.43	63.49	73.49	84.49	97.82	102.31	114.13	112.52	105.31	107.91	99.93	96.03
1982	87.93	71.01	72.77	71.94	82.77	92.26	105.44	113.67	109.00	111.37	106.30	109.36
1983	102.68	84.19	83.81	72.12	74.65	75.79	90.06	105.24	105.72	115.33	106.42	108.46
1984	102.85	91.96	93.26	81.43	74.44	67.94	74.89	85.47	93.26	105.84	111.12	110.98
1985	108.17	96.46	99.84	94.03	86.56	74.79	70.23	72.46	77.42	92.68	100.03	112.05
1986	112.49	96.00	105.96	102.39	100.33	87.57	81.92	71.74	67.06	76.54	82.38	100.03
1987	106.45	100.42	107.20	102.81	103.24	97.58	91.47	82.95	72.38	71.19	70.33	80.35
1988	94.60	96.50	113.98	109.23	105.52	100.87	102.41	94.31	80.82	74.77	68.42	70.81
1989	79.53	84.43	104.19	103.37	112.25	105.10	111.02	107.53	98.40	89.94	77.99	70.37
1990	69.15	69.27	85.79	96.19	104.50	107.80	107.65	80.20	88.65	100.65	102.92	105.02
1991	103.64	89.74	96.53	90.25	81.44	72.03	63.40	64.57	71.69	88.11	92.46	106.08
1992	102.08	95.48	101.93	94.92	92.42	82.95	74.25	66.74	65.42	70.69	79.95	95.10
1993	103.13	97.84	107.39	100.04	104.11	96.04	92.21	81.39	69.20	67.75	71.61	83.31
1994	96.95	93.90	111.91	107.86	109.44	102.86	101.79	93.80	81.32	77.28	65.05	70.54
1995	81.33	83.25	100.83	107.26	110.82	103.51	102.47	100.29	92.91	87.52	76.24	70.87
1996	70.34	69.45	87.32	95.32	107.40	108.24	112.20	106.19	101.14	99.07	90.85	85.08
1997	74.34	61.84	72.77	80.29	95.15	101.24	111.38	111.61	105.80	107.46	100.32	94.56
1998	85.65	71.55	71.02	69.42	78.17	86.86	100.95	106.15	106.87	107.99	103.44	104.09
1999	97.91	81.77	83.36	69.43	69.69	71.07	83.27	97.38	100.07	109.60	104.87	104.29
2000	102.38	91.52	90.67	79.82	72.96	67.24	72.93	77.87	89.23	100.68	105.04	107.91
2001	103.81	91.56	99.49	88.77	82.64	73.25	66.54	69.21	74.48	90.06	96.92	105.89
2002	108.64	99.08	104.05	97.45	94.35	84.98	77.52	69.10	66.74	75.54	83.42	96.90
2003	104.40	99.34	104.97	100.06	99.44	96.21	88.51	80.70	68.19	65.04	67.26	79.84
2004	93.63	96.51	107.32	100.38	106.02	96.93	97.79	91.61	78.97	72.83	68.56	70.86
2005	75.59	83.39	101.15	105.94	114.76	108.86	112.47	110.01	100.19	94.40	80.59	73.96
2006	71.40	71.88	89.50	99.24	107.64	109.65	110.15	108.16	98.80	97.12	88.00	83.24
2007	72.79	62.86	71.54	79.83	95.73	98.96	110.32	110.01	102.55	103.84	97.49	92.33
2008	86.08	72.87	70.83	67.83	79.19	90.31	100.32	109.54	108.46	108.23	99.61	101.43
2009	95.54	80.27	79.59	69.37	70.85	74.57	85.37	100.22	105.39	114.42	107.72	109.57
2010	104.40	90.86	93.95	80.69	76.09	67.44	71.26	82.54	93.15	105.25	106.84	111.45
2011	110.78	97.62	102.51	91.85	86.20	73.20	71.46	70.49	75.03	87.90	99.28	109.95
2012	113.46	100.20	106.69	98.76	97.33	85.41	78.59	69.06	64.72	70.93	79.45	95.31
2013	105.52	100.96	107.77	104.33	104.89	99.00	91.25	82.05	70.60	68.44	68.30	82.49
2014	92.88	90.23	109.44	106.10	105.11	99.57	101.89	92.95	81.71	73.49	66.53	69.13
2015	79.17	81.61	99.45	103.24	107.08	103.53	108.88	104.95	92.12	87.89	76.48	69.91
2016	69.24	69.97	86.03	95.70	106.48	106.90	108.36	103.54	100.05	97.61	87.86	80.76
2017	111.73	84.75	100.12	94.78	102.25	66.82	88.79	101.76	60.71	69.51	110.86	101.72
2018	102.05	90.92	106.63	104.28	86.81	55.87	93.12	82.92	79.07	87.44	101.45	90.06
2019	117.46	82.60	105.01	83.27	107.55	77.56	78.71	91.37	90.59	100.23	90.16	97.33
2020	108.57	92.92	98.57	98.21	91.13	77.54	96.34	86.67	91.44	98.18	118.74	100.26
PROMEDIO	94.63	85.76	95.22	92.07	94.63	88.77	92.54	91.22	87.12	90.77	90.28	92.69

N° DATOS	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40
E. MÁXIMA	117.46	100.96	113.98	109.23	114.76	109.65	114.13	113.67	109.00	115.33	118.74	112.05
E. MÍNIMA	69.15	61.84	70.83	67.83	69.69	55.87	63.40	64.57	60.71	65.04	65.05	69.13

Fuente: Recopilación propia.

A.10 Ficha de entrevista.



ESTIMACIÓN DE LA HUELLA HÍDRICA DEL CULTIVO DE PALTO (Persea americana Mill.) EN EL DISTRITO DE ABANCAY



TESISTA: **OLGA AYALA ANDIA**

I. DATOS DEL PRODUCTOR

Apellidos y Nombres: _____

Edad del productor Grado de Instrucción: Primaria Secundaria Técnico Universitario

Experiencia en el rubro _____

Sexo Ocupación actual _____ Otras actividades _____

II. UBICACIÓN DE LA UNIDAD PRODUCTIVA

Provincia: Abancay Distrito: Abancay Sector: _____

III. INSUMOS UTILIZADOS EN LA PRODUCCIÓN DEL CULTIVO DE PALTO VARIEDAD HASS

En la fertilización:	Cant/frecuencia	Momento de aplicación	Forma de aplicación
Urea <input type="checkbox"/>
Super fosfato triple <input type="checkbox"/>
Cloruro de potasio <input type="checkbox"/>
Fosfato diamonico <input type="checkbox"/>
Guano de isla <input type="checkbox"/>
Otros
.....
.....
.....

En el control de plagas:	Cant/frecuencia	Momento de aplicación	Forma de aplicación
.....
.....
.....

En el control fitosanitario:	Cant/frecuencia	Momento de aplicación	Forma de aplicación
.....
.....
.....

V. ASPECTOS DE LA PRODUCCIÓN

Edad del cultivo

Cantidad total de producción kg Arrobas Cuanto

Cantidad destinada al consumo familiar kg Arroba Cuanto

Cantidad para la comercialización kg Arroba Cuanto

Otros (por ejemplo pago peón):
 kg Arroba Cuanto
 kg Arroba Cuanto
 kg Arroba Cuanto

Fuente: Elaboración propia

A.11 Matriz de operacionalización de variables.

Variables	Definición conceptual	Definición operacional	Indicadores	Unidad de medida	Metodología
Huella hídrica verde, azul, gris.	Las huellas hídricas verde, azul, gris, es un indicador de apropiación humana del recurso hídrico para sustentar diversas actividades económicas, que busca, principalmente, ilustrar los vínculos existentes entre el uso del agua y la gestión de los recursos hídricos (Hoekstra, Chapagain, Aldaya, & Mekonnen, 2009).	La huella hídrica será estimada considerando el “Manual de la Huella Hídrica definidos por Hoekstra” para el proceso de crecimiento de un determinado cultivo agrícola. La información estadística de rendimiento será obtenida mediante entrevistas a los productores dedicados al cultivo de palto variedad Hass. La información climática será obtenida del producto grillado PISCO y también se tomará en cuenta el software CROPWAT para el cálculo de la precipitación efectiva. La delimitación e identificación de las zonas productivas de palto serán mediante el software Qgis.	H.H. verde. Volumen de agua proveniente de lluvias que es incorporado en la producción. H.H. azul. volumen de agua proveniente de aguas superficiales incorporado en la producción. H.H. Gris, volumen de agua necesario para asimilar una carga contaminante en un cuerpo de agua.	m ³ /t	<u>Tipo de Investigación</u> Aplicada. <u>Nivel de Investigación</u> Descriptivo. <u>Diseño de la Investigación</u> No experimental.
Cultivo de palto variedad Hass.	El palto se caracteriza por ser medianamente vigorosa, con una producción alta en años alternos. Así mismo su fruta se puede mantener en el árbol por algunos meses después de su madurez fisiológica y presenta un excelente grado de conservación. (Hoekstra, Chapagain, Aldaya, & Mekonnen, 2009).		Rendimiento por superficie agrícola	t/ha	

Fuente: Elaboración propia.

A.12 Lista de productores

Lista de productores los cuales se realizaron la entrevista de forma aleatoria correspondiente al PISCO – 2 y PISCO – 4. Por esta razón se observa que no cuenta de manera secuencial la identidad a quienes corresponde.

Id	Provincia	Distrito	Lugar	Nombre del productor	DNI
46	ABANCAY	ABANCAY	IMPONEDA	ELIAS AGUILAR FARFAN	10090753
47	ABANCAY	ABANCAY	IMPONEDA	JORGE USTUA FERNANDEZ	44747882
48	ABANCAY	ABANCAY	IMPONEDA	SHANDU MOYA LEON	31029039
49	ABANCAY	ABANCAY	IMPONEDA	ROSAURA VILLAFUERTE	40279209
50	ABANCAY	ABANCAY	IMPONEDA	ROSAURA VILLAFUERTE	40279209
51	ABANCAY	ABANCAY	IMPONEDA	ROSAURA VILLAFUERTE	40279209
52	ABANCAY	ABANCAY	TRUJIPATA	TEODORA VASQUEZ ZEVALLOS	44747882
53	ABANCAY	ABANCAY	TRUJIPATA	FELIPE ONTIVEROS BOZA	31021281
54	ABANCAY	ABANCAY	IMPONEDA	HIPOLITA PALOMINO DE CHIRINOS	31523640
55	ABANCAY	ABANCAY	IMPONEDA	FELIX PALOMINO BERNEDO	31008278
56	ABANCAY	ABANCAY	QUITASOL	WILIAM MURRUGARA SOLIS	31848717
57	ABANCAY	ABANCAY	QUITASOL	LOLA RIVERA PALOMINO	31006903
66	ABANCAY	ABANCAY	IMPONEDA	JUAN HUAYHUA	31033892
67	ABANCAY	ABANCAY	IMPONEDA	NARCISO GUTIERREZ CAMACHO	31009296
68	ABANCAY	ABANCAY	TRUJIPATA	CIRILO ASTOQUILLCA JIMENEZ	31001137
69	ABANCAY	ABANCAY	TRUJIPATA	MARCELINA SERRANO VARGAS	31031476
70	ABANCAY	ABANCAY	QUITASOL	AGUSTINA CRUZ DE ORTIZ	31006128
62	ABANCAY	ABANCAY	QUITASOL	DIOMEDES CCORAHUA TORRES	31139765
72	ABANCAY	ABANCAY	QUITASOL	GREGORIO CHIRINOS CRUZ	31537303
80	ABANCAY	ABANCAY	IMPONEDA	MARISOL GONZALES PALOMINO	43280081
81	ABANCAY	ABANCAY	QUITASOL	LEONIDAS LAGOS CHICLLA	31002069
83	ABANCAY	ABANCAY	QUITASOL	SULMA GUEVARA RIVERA	31043799
87	ABANCAY	ABANCAY	QUITASOL	JORGE AYMARA POLICARPO	42837011
88	ABANCAY	ABANCAY	TRUJIPATA	MARIO IPENSA GOMEZ	31000967
89	ABANCAY	ABANCAY	TRUJIPATA	RICARDO VASQUEZ VALDARRAGO	31029039
90	ABANCAY	ABANCAY	TRUJIPATA	JESUS VALVERDE VILLAFUERTE	31004016
93	ABANCAY	ABANCAY	QUITASOL	JOSE FARFAN GALINDO	40904606
97	ABANCAY	ABANCAY	QUITASOL	ANTENOR BORDA CAMACHO	31006798
1	ABANCAY	ABANCAY	PACHACHACA	SERVANDO SULLCAHUAMAN VALDIGLESIAS	31032164
2	ABANCAY	ABANCAY	PACHACHACA	PABLO BARAZDO CALDERON	31004690
3	ABANCAY	ABANCAY	PACHACHACA	PABLO BARAZDO CALDERON	31004691
4	ABANCAY	ABANCAY	PACHACHACA	GERARDO SULLCAHUAMAN	31032164

5	ABANCAY	ABANCAY	PACHACHACA	FELIX AYMA POCCO	31022947
6	ABANCAY	ABANCAY	PACHACHACA	CELESTINO TRUJILLO CCONISLLA	31000491
7	ABANCAY	ABANCAY	PACHACHACA	JESUS ELIAS HERRERA ALFARO	31041707
8	ABANCAY	ABANCAY	PACHACHACA	JESUS ELIAS HERRERA ALFARO	31041708
9	ABANCAY	ABANCAY	PACHACHACA	JOSE LEON RIVAS	31013314
10	ABANCAY	ABANCAY	PACHACHACA	ALEJANDRO ROMERO BALDERRAMA	31010049
12	ABANCAY	ABANCAY	PACHACHACA	ARTURO MIRANDA SAUÑE	40256458
11	ABANCAY	ABANCAY	SAN GABRIEL	MANUEL GONZALES MENDOZA	42769804
14	ABANCAY	ABANCAY	SAN GABRIEL	CEFERINO ALZAMORA ROJAS	42858284
13	ABANCAY	ABANCAY	SAN GABRIEL	CESAR MENDOZA CAHUANA	40349659
16	ABANCAY	ABANCAY	SAN GABRIEL	LEONSIO BASTIDAS	31008475
15	ABANCAY	ABANCAY	SAN GABRIEL	RONALD GONZALES CAMACHO	45986070
17	ABANCAY	ABANCAY	PACHACHACA	PABLO BARAZDO CALDERON	31004690
18	ABANCAY	ABANCAY	PACHACHACA	VICENTE HUAMANI MEDINA	31013091
19	ABANCAY	ABANCAY	PACHACHACA	MAURO ALARCON FLORES	6077418
29	ABANCAY	ABANCAY	PACHACHACA	ROCIO DEL PILAR SILVA ALTAMIRANO	44314235
21	ABANCAY	ABANCAY	PACHACHACA	TADEO MELENDEZ MEDINA	31041709
22	ABANCAY	ABANCAY	PACHACHACA	ROSARIO ALFARO URRUTIA	31032621
23	ABANCAY	ABANCAY	PACHACHACA	EFRAIN AQUINO HOYOS	31008689
24	ABANCAY	ABANCAY	PACHACHACA	LEONARDO PAMPAS ALTAMIRANO	31005468
25	ABANCAY	ABANCAY	PACHACHACA	GILBERTO PAMPAS VELASQUEZ	4813468
26	ABANCAY	ABANCAY	PACHACHACA	ALEJANDRO ROMERO VALDERRAMA	31010049
27	ABANCAY	ABANCAY	PACHACHACA	MOISES VASQUEZ HUILLCAHUA	44498083
20	ABANCAY	ABANCAY	PACHACHACA	CIPRIAN VASQUEZ PARDO	31004198
28	ABANCAY	ABANCAY	PACHACHACA	VICTOR AIMARA ARONI	31000499
30	ABANCAY	ABANCAY	PACHACHACA	JUAN PABLO BALLON SIERRA	31009919
31	ABANCAY	ABANCAY	PACHACHACA	EUSTAQUIA CCOLCCA MEDINA	31005347
33	ABANCAY	ABANCAY	PACHACHACA	HILARIO CHAVEZ FALCON	6387408
34	ABANCAY	ABANCAY	PACHACHACA	JIMMY FELIX ESPINOZA ARGUEDAS	31045018
32	ABANCAY	ABANCAY	PACHACHACA	MARIO LEONIDAS ESPINOZA LEON	31010937
36	ABANCAY	ABANCAY	PACHACHACA	JOSE FARFAN GALINDO	40904606
35	ABANCAY	ABANCAY	QUITASOL	JOSE FARFAN GALINDO	40904606
36	ABANCAY	ABANCAY	QUITASOL	REMIGIO HUARHUA ACUÑA	9021613
37	ABANCAY	ABANCAY	QUITASOL	GUALDIMAR PUGA CHAVEZ	7246080
38	ABANCAY	ABANCAY	QUITASOL	DOLORES FERNANDES VILLAFUERTE	31013777
40	ABANCAY	ABANCAY	IMPONEDA	EFRAIN ORTIZ BORDA	31006903
39	ABANCAY	ABANCAY	IMPONEDA	LEONIDAS LAGOS CHICLLA	31002029
41	ABANCAY	ABANCAY	IMPONEDA	LUCHO CONTRERAS	31031265
42	ABANCAY	ABANCAY	IMPONEDA	MARCELINO MIRANDA	31139765
43	ABANCAY	ABANCAY	IMPONEDA	FORTUNATO PAIRA	31002069
44	ABANCAY	ABANCAY	IMPONEDA	DOLORES FERNANDEZ RIVAS	31013777

45	ABANCAY	ABANCAY	IMPONEDA	JUSTINO CHIPA CONTRERAS	31043799
58	ABANCAY	ABANCAY	QUITASOL	DIOMEDES GUEVARA PALACIOS	40401246
59	ABANCAY	ABANCAY	QUITASOL	ANTENOR BORDA CAMACHO	31042246
60	ABANCAY	ABANCAY	QUITASOL	AUGUSTIN G. POLICARPO OYANGUREN	31008504
61	ABANCAY	ABANCAY	QUITASOL	VIRGINIA ALVAREZ MURILLO	31004503
63	ABANCAY	ABANCAY	QUITASOL	NARCISO GUTIERREZ CAMACHO	31009296
64	ABANCAY	ABANCAY	QUITASOL	AUGUSTIN G. POLICARPO OYANGUREN	31008504
65	ABANCAY	ABANCAY	QUITASOL	ELIZABETH GUEVARA RIVERA	43231522
71	ABANCAY	ABANCAY	QUITASOL	EVARISTO TAYPE	29614188
73	ABANCAY	ABANCAY	QUITASOL	EVARISTO TAYPE	29614188
74	ABANCAY	ABANCAY	QUITASOL	MARIA CHIRINOS ESCALANTE	40256456
75	ABANCAY	ABANCAY	QUITASOL	JOSE FARFAN GALINDO	40904606
77	ABANCAY	ABANCAY	PACHACHACA	TEOFILO PEREZ NAVIO	31012963
78	ABANCAY	ABANCAY	PACHACHACA	JESUS ELIAS HERRERA ALFARO	31041707
84	ABANCAY	ABANCAY	PACHACHACA	GABINA SULLCAHUAMAN VALDIGLESIAS	8319571
85	ABANCAY	ABANCAY	PACHACHACA	JOSE LEON RIVAS	31013314
86	ABANCAY	ABANCAY	PACHACHACA	MARIETH SULLCAHUAMAN MERINO	9906404
82	ABANCAY	ABANCAY	PACHACHACA	CLAUDIO SULLCAHUAMAN MONZON	31042458
91	ABANCAY	ABANCAY	PACHACHACA	ALEJANDRO ROMERO VALDERRAMA	31010049
92	ABANCAY	ABANCAY	PACHACHACA	CELINDA LEON CCASANI	10494380
94	ABANCAY	ABANCAY	PACHACHACA	ELIO HUARA TENCCO	42621232
95	ABANCAY	ABANCAY	PACHACHACA	LUCIO CORDOVA BLANCO	31011739
96	ABANCAY	ABANCAY	QUITASOL	ALEJANDRO SARMIENTO PEREZ	31003518

Fuente: Elaboración propia.