



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO

ESCUELA DE POSGRADO

**MAESTRÍA EN INGENIERÍA CIVIL
MENCIÓN RECURSOS HÍDRICOS Y MEDIO AMBIENTE.**

TESIS:

**RIEGO POR ASPERSIÓN Y SU RELACIÓN CON LA PRODUCCIÓN DE
CÍTRICOS EN LA CUENCA DEL RIO MANDOR, LA CONVENCION –
CUSCO**

**PARA OPTAR AL GRADO ACADÉMICO DE MAESTRO EN INGENIERÍA
CIVIL MENCIÓN RECURSOS HÍDRICOS Y MEDIO AMBIENTE.**

AUTOR:

Br.: PETER CARLOS MANTUPA

ASESOR:

DR. ING. EDWIN ASTETE SAMANEZ

ORCID: 0000-0001-7696-7371

CUSCO – PERÚ

2025



Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco

INFORME DE SIMILITUD

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

El que suscribe, el Asesor EDWIN ASTETE SAMANEZ.....
..... quien aplica el software de detección de similitud al
trabajo de investigación/tesis titulada: RIEGO POR ASPERSIÓN Y SU
RELACIÓN CON LA PRODUCCIÓN DE CÍTRICOS EN LA
CUENCA DEL RIO MANDOR, LA CONVENCION - CUSCO
.....

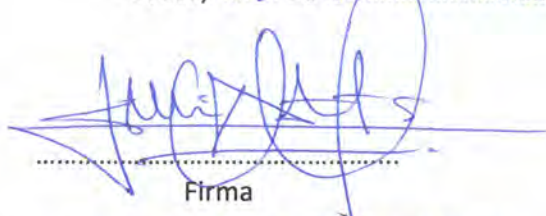
Presentado por: PETER CARLOS MANTUPA..... DNI N° 44.01.28.69.....;
presentado por: DNI N°:
Para optar el título Profesional/Grado Académico de MAESTRO EN INGENIERÍA
CIVIL MENCIÓN RECURSOS HÍDRICOS Y MEDIO AMBIENTE.....
Informo que el trabajo de investigación ha sido sometido a revisión por 02 veces, mediante el
Software de Similitud, conforme al Art. 6° del **Reglamento para Uso del Sistema Detección de**
Similitud en la UNSAAC y de la evaluación de originalidad se tiene un porcentaje de 07 %.

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

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

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

Cusco, 08 de NOVIEMBRE..... de 2025.....


Firma

Post firma EDWIN ASTETE SAMANEZ.....

Nro. de DNI 2522417.....

ORCID del Asesor 0000-0001-7696-7371.....

Se adjunta:

1. Reporte generado por el Sistema Antiplagio.
2. Enlace del Reporte Generado por el Sistema de Detección de Similitud: **oid:** 27259:524999486.....

PETER CARLOS MANTUPA

RIEGO POR ASPERSIÓN Y SU RELACIÓN CON LA PRODUCCIÓN DE CÍTRICOS EN LA CUENCA DEL RIO MÁNDO...

 Universidad Nacional San Antonio Abad del Cusco

Detalles del documento

Identificador de la entrega

trn:oid:::27259:524999486

258 páginas

Fecha de entrega

8 nov 2025, 11:05 a.m. GMT-5

60.320 palabras

284.927 caracteres

Fecha de descarga

9 nov 2025, 7:48 a.m. GMT-5

Nombre del archivo

TESIS FINAL_PETER CARLOS MANTUPA COD. 133311.pdf

Tamaño del archivo

12.9 MB

7% Similitud general

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

Filtrado desde el informe

- Bibliografía
- Texto mencionado
- Coincidencias menores (menos de 15 palabras)

Fuentes principales

- 6%  Fuentes de Internet
- 0%  Publicaciones
- 3%  Trabajos entregados (trabajos del estudiante)

Marcas de integridad

N.º de alerta de integridad para revisión

-  **Texto oculto**
21 caracteres sospechosos en N.º de páginas
El texto es alterado para mezclarse con el fondo blanco del documento.

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

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



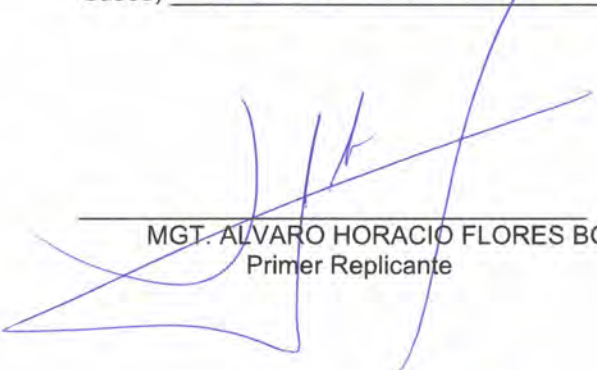
UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO ESCUELA DE POSGRADO

INFORME DE LEVANTAMIENTO DE OBSERVACIONES A TESIS

Dr. TITO LIVIO PAREDES GORDON, Director de la Escuela de Posgrado, nos dirigimos a usted en condición de integrantes del jurado evaluador de la tesis intitulada RIEGO POR ASPERSIÓN Y SU RELACIÓN CON LA PRODUCCIÓN DE CÍTRICOS EN LA CUENCA DEL RIO MANDOR, LA CONVENCION - CUSCO del Br. PETER CARLOS MANTUPA. Hacemos de su conocimiento que el sustentante ha cumplido con el levantamiento de las observaciones realizadas por el Jurado el día VEINTIUNO DE AGOSTO DE 2025.

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

Cusco, 03 de Noviembre del 2025.



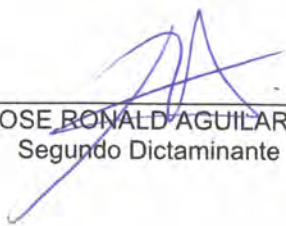
MGT. ALVARO HORACIO FLORES BOZA
Primer Replicante



MTRO. GABRIELA OVIEDO MENA
Segundo Replicante



MGT. GORKI FEDERICO ASCUE SALAS
Primer Dictaminante



MGT. JOSE RONALD AGUILAR HUERTA
Segundo Dictaminante

DEDICATORIA

A mis padres, por su amor incondicional, cuyo apoyo constante ha sido la mayor fuente de fortaleza y motivación. Gracias por enseñarme que, con dedicación, perseverancia se puede cumplir metas. Este logro es tan suyo como mío, porque sin ustedes, este logro no habría sido posible.

A mi familia, por su comprensión, paciencia y por creer en mí incluso en los momentos más difíciles. Su confianza y afecto han sido el impulso para seguir adelante.

Finalmente, a todas las personas que, han contribuido a este proceso. Su apoyo ha sido esencial para lograr este objetivo.

A todos ellos mi gratitud

.

AGRADECIMIENTO

Quiero agradecer profundamente a Dios, por permitirme cumplir mis metas y brindarme la fortaleza necesaria para culminar esta etapa.

Expreso también mi más sincero agradecimiento a todas las personas que han sido parte de la presente investigación y me han otorgado su apoyo incondicional.

Un agradecimiento especial a la Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco y a los docentes de la Maestría en Ingeniería Civil, mención en Recursos Hídricos y Medio Ambiente, por los sabios conocimientos compartidos a lo largo de esta formación.

Agradezco de manera especial a mi asesor de tesis, el Dr. Ing. Edwin Astete Samanez, por su valioso tiempo, conocimientos, paciencia y constante guía. Su apoyo ha sido clave para superar numerosos obstáculos y alcanzar este logro.

A mi familia, en especial a mis padres y hermanos, por brindarme su amor incondicional, motivación y confianza. Sin ellos, no habría llegado hasta aquí. Su respaldo fue fundamental en cada etapa de mi formación profesional.

A mis compañeros, amigos y al Dr. Ing. Edwin Nahuamel Jacinto, por su colaboración y apoyo en la ejecución de este trabajo.

Finalmente, a todas las personas que de una u otra manera, contribuyeron a mi crecimiento académico y personal. A todos ustedes, gracias por ser parte de este camino.

Este logro es tanto mío como de ustedes.

ÍNDICE GENERAL

1. CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	4
1.1. Situación problemática.....	4
1.2. Formulación del problema	5
1.2.1. Problema general	5
1.2.2. Problemas específicos.....	5
1.3. Justificación de la investigación.....	6
1.4. Objetivos de la investigación	7
1.4.1. Objetivo general.....	7
1.4.2. Objetivos específicos	7
2. CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO CONCEPTUAL.....	8
2.1. Bases teóricas	8
2.1.1. Riego.....	8
2.1.2. Riego por aspersión.....	8
2.1.3. Indicadores del desempeño hidráulico.....	9
2.1.4. Diseño y configuración del sistema	12
2.1.5. Eficiencia de aplicación del riego	19
2.1.6. El riego en los cítricos.....	22
2.1.7. Evaluación del sistema de riego.....	24
2.1.8. Producción de cítricos.....	26
2.2. Marco conceptual	28
2.2.1. Diámetro ecuatorial del fruto	28
2.2.2. Velocidad del viento	29
2.2.3. Coeficiente de uniformidad (CU)	29
2.2.4. Uniformidad de distribución (UD).....	30
2.2.5. Pérdida de agua	30
2.2.6. Caudal	31
2.2.7. Cámaras rompe presión.....	31
2.2.8. Gestión del sistema de riego	31
2.2.9. Presión y caudal	31
2.2.10. Eficiencia en el uso del agua	32

2.2.11.	Evapotranspiración potencial	32
2.2.12.	Infiltración básica	32
2.2.13.	Planificación de riego	33
2.2.14.	Punto de marchitez permanente	33
2.2.15.	Capacidad de campo	33
2.2.16.	Textura del suelo	33
2.3.	Antecedentes empíricos de la investigación	33
2.3.1.	Antecedentes internacionales	33
2.3.2.	Antecedentes nacionales	35
2.3.3.	Antecedentes locales	35
3.	CAPÍTULO III: HIPÓTESIS Y VARIABLES	38
3.1.	Hipótesis	38
3.2.	Identificación de variables e indicadores	38
3.3.	Operacionalización de variables	39
4.	CAPÍTULO IV: METODOLOGÍA	40
4.1.	Ubicación política	40
4.1.1.	Ubicación hidrográfica	40
4.1.2.	Ubicación temporal	40
4.2.	Tipo y nivel de investigación	42
4.3.	Unidad de análisis	42
4.4.	Población de estudio	42
4.5.	Tamaño de muestra	44
4.6.	Técnicas de selección de muestra	45
4.7.	Técnicas de recolección de información	46
4.8.	Metodología utilizada para cumplimiento de objetivos	47
4.8.1.	Metodología utilizada para el objetivo específico 01	47
4.8.2.	Metodología para el objetivo específico 02	61
4.8.3.	Metodología para el objetivo específico 03	64
4.9.	Técnicas de análisis e interpretación de información	70
4.10.	Técnicas para demostrarla verdad o falsedad de las hipótesis planteadas	70
5.	CAPÍTULO V: RESULTADOS Y DISCUSIÓN	72
5.1.	Resultados del desempeño hidráulico	72

5.1.1.	Nivel de operación del sistema de riego	72
5.1.2.	Nivel de producción de cítricos	88
5.1.3.	Organización para la operación del sistema de riego.....	104
5.1.4.	Cálculo y evaluación de indicadores de desempeño hidráulico.....	109
5.2.	Resultados para el objetivo específico 02	132
5.2.1.	Evaluaciones del rendimiento de cítricos	132
5.2.2.	Prueba de normalidad	138
5.2.3.	Prueba de hipótesis	139
5.2.4.	Especificación del modelo econométrico	141
5.2.5.	Análisis de relación y efectos de los indicadores.....	145
5.3.	Resultados para el objetivo específico 03	178
5.3.1.	Evaluación de la precipitación	179
5.3.2.	Evaluación de la humedad	181
5.3.3.	Evaluación del viento.....	184
5.3.4.	Evaluación de la temperatura.....	186
5.3.5.	Evaluación de la evapotranspiración	189
5.3.6.	Cálculo agronómico de sistema de riego	202
6.	DISCUSIÓN	206
7.	CONCLUSIONES	209
8.	RECOMENDACIONES.....	211
9.	BIBLIOGRAFÍA	213
10.	ANEXOS	217

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. <i>Capacidad de retención de agua de diferentes tipos de suelos</i>	15
Tabla 2. <i>Parámetros de evaluación de eficacia de sistemas de riego</i>	20
Tabla 3 <i>Operacionalización de variables</i>	39
Tabla 4. <i>Proyecto de Inversión de Riego</i>	44
Tabla 5. <i>Clasificación de coeficiente de uniformidad</i>	51
Tabla 6. <i>Indicadores de desempeño hidráulico calculados en el sistema de riego por aspersión</i>	110
Tabla 7. <i>Evaluación de desempeño hidráulico de sistemas de riego por aspersión</i>	112
Tabla 8. <i>Datos generales para evaluación de parcela N° 03 - Muestra 01</i>	113
Tabla 9. <i>Datos obtenidos para coeficiente de uniformidad - Parcela N°03 - Muestra 01</i>	114
Tabla 10. <i>Cálculo de coeficiente de uniformidad de parcela N° 03 - Muestra 01</i>	115
Tabla 11. <i>Datos para el cálculo de eficiencia de aplicación de parcela N° 03 - Muestra 01</i>	115
Tabla 12. <i>Cálculo de eficiencia de aplicación de parcela N° 03 - Muestra 01</i>	116
Tabla 13. <i>Datos generales de parcela N° 10 - Muestra 02</i>	117
Tabla 14. <i>Datos obtenidos para coeficiente de uniformidad - Parcela N°10 - Muestra 02</i> ..	118
Tabla 15. <i>Cálculo de coeficiente de uniformidad de parcela N° 10 - Muestra 02</i>	119
Tabla 16. <i>Datos obtenidos para el cálculo de eficiencia de aplicación de parcela N° 10 - Muestra 02</i>	119
Tabla 17. <i>Cálculo de eficiencia de aplicación de parcela N° 10 - Muestra 02</i>	120
Tabla 18. <i>Datos generales de parcela N° 16 - Muestra 03</i>	121
Tabla 19. <i>Datos para coeficiente de uniformidad - Parcela N°13 - Muestra 03</i>	122
Tabla 20. <i>Cálculo de coeficiente de uniformidad de parcela N° 16 - Muestra 03</i>	123
Tabla 21. <i>Datos para el cálculo de eficiencia de aplicación de parcela N°16 - Muestra 03</i>	123
Tabla 22. <i>Cálculo de eficiencia de aplicación de parcela N° 16 - Muestra 03</i>	124
Tabla 23. <i>Datos generales de parcela N° 24 - Muestra 04</i>	125
Tabla 24. <i>Datos para coeficiente de uniformidad - Parcela N° 24 - Muestra 04</i>	126
Tabla 25. <i>Cálculo de coeficiente de uniformidad de parcela N° 24 - Muestra 04</i>	127
Tabla 26. <i>Datos para el cálculo de eficiencia de aplicación de parcela N°24 - Muestra 04</i>	127
Tabla 27. <i>Cálculo de eficiencia de aplicación de parcela N° 24 - Muestra 04</i>	128

Tabla 28. <i>Datos generales de parcela N° 30 - Muestra 05</i>	129
Tabla 29. <i>Datos para coeficiente de uniformidad - parcela N°30 - Muestra 05</i>	130
Tabla 30. <i>Cálculo de coeficiente de uniformidad de parcela N° 30 - Muestra 05</i>	131
Tabla 31. <i>Datos para el cálculo de eficiencia de aplicación de parcela N° 30 - Muestra 05</i>	131
Tabla 32. <i>Cálculo de eficiencia de aplicación de parcela N° 30 - Muestra 05</i>	132
Tabla 33. <i>Consolidado de productividad de cítricos en el Distrito de Maramura</i>	133
Tabla 34. <i>Evaluación de peso y diámetro del fruto con riego por aspersión</i>	134
Tabla 35. <i>Evaluación de peso y diámetro del fruto sin riego</i>	135
Tabla 36. <i>Determinación de características de cultivos y parcelas con riego por aspersión</i>	136
Tabla 37. <i>Determinación de características de cultivos y parcelas sin riego</i>	136
Tabla 38. <i>Determinación de la influencia del riego por aspersión en la productividad</i>	137
Tabla 39. <i>Prueba de normalidad de Shapiro Willk</i>	138
Tabla 40. <i>Prueba de correlación Spearman entre riego por aspersión y producción de cítricos</i>	139
Tabla 41. <i>Influencia de factores relacionados al riego por aspersión en la producción de cítricos</i>	142
Tabla 42. <i>Correlación de Pearson de indicadores analizados</i>	145
Tabla 43. <i>Efecto del coeficiente de uniformidad en diámetro ecuatorial del fruto (mm)</i>	148
Tabla 44. <i>Efecto de la eficiencia de aplicación en diámetro ecuatorial del fruto (mm)</i>	150
Tabla 45. <i>Efecto de la uniformidad de distribución en diámetro ecuatorial del fruto (mm)</i>	152
Tabla 46. <i>Efecto del área regada en el diámetro ecuatorial del fruto (mm)</i>	154
Tabla 47. <i>Efecto de caudal descargado en el diámetro ecuatorial del fruto (mm)</i>	156
Tabla 48. <i>Efecto del promedio de presiones de los aspersores en el diámetro ecuatorial del fruto (mm)</i>	158
Tabla 49. <i>Efecto del coeficiente de uniformidad en el peso/fruto(t/ha)</i>	160
Tabla 50. <i>Efecto de la eficiencia de aplicación en el peso/fruto(t/ha)</i>	162
Tabla 51. <i>Efecto de uniformidad de distribución en el peso del fruto(t/ha)</i>	164
Tabla 52. <i>Efecto de área regada en el Peso del fruto (t/ha)</i>	166
Tabla 53. <i>Efecto de caudal descargado en el peso del fruto (t/ha)</i>	168
Tabla 54. <i>Efecto del promedio de presiones de los aspersores en el peso del fruto (t/ha)</i>	170

Tabla 55. <i>Parámetros de estimación del modelo</i>	173
Tabla 56. <i>Parámetros estimados del modelo</i>	175
Tabla 57. <i>Registro historico de precipitación mensual</i>	179
Tabla 58. <i>Registro histórico de humedad relativa mensual</i>	182
Tabla 59. <i>Registro histórico de velocidad media del viento mensual</i>	184
Tabla 60. <i>Registro histórico de temperatura</i>	187
Tabla 61. <i>Requerimientos climáticos del cultivo de cítricos</i>	190
Tabla 62. <i>Infiltración determinada en la zona de estudio</i>	191
Tabla 63. <i>Cálculo de velocidad de infiltración de parcela N° 03 - Muestra 01</i>	192
Tabla 64. <i>Cálculo de velocidad de infiltración de parcela N° 10 - Muestra 02</i>	193
Tabla 65. <i>Cálculo de velocidad de infiltración de parcela N°16 - Muestra 03</i>	195
Tabla 66. <i>Cálculo de velocidad de infiltración de parcela N° 24 - Muestra 04</i>	197
Tabla 67. <i>Cálculo de velocidad de infiltración de parcela N° 30 - Muestra 05</i>	199
Tabla 68. <i>Resultado de la muestra 01</i>	200
Tabla 69. <i>Resultado de la muestra 02</i>	201
Tabla 70. <i>Resultado de la muestra 03</i>	202

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Partes del aspersor	11
Figura 2. Ubicación geográfica del area de estudio	41
Figura 3. Ubicación de las parcelas con riego parcelario	43
Figura 4. Medición del tiempo del caudal caudal descargado	48
Figura 5. Medición de la presión en los asperores	49
Figura 6. Representación gráfica del coeficiente de uniformidad	51
Figura 7. Ficha técnica de aspersores utilizados en la investigación	52
Figura 8. Medición de la uniformidad de distribución	53
Figura 9. Medición del area regada del aspersor	54
Figura 10. Determinación de la uniformidad de distribución	56
Figura 11. Medición del diámetro ecuatorial del fruto	62
Figura 12. Medición del peso del fruto	63
Figura 13. Apertura de calicata	64
Figura 14. Clase textural del suelo	65
Figura 15. Ubicación de las calicatas y sub muestras	66
Figura 16. Medición de la infiltración del agua en el suelo	68
Figura 17. Ubicación de las pruebas de infiltración del suelo	69
Figura 18. Histogramas de distribución de normalidad	138
Figura 19. Línea de tendencia de riego por aspersión y producción de cítricos	141
Figura 20. Efectos positivos y negativos de factores de riego por aspersión	144
Figura 21. Histogramas, normalidad y correlación de Pearson de los indicadores	147
Figura 22. Línea de tendencia entre coeficiente de uniformidad en diámetro ecuatorial del fruto (mm)	149
Figura 23. Línea de tendencia del efecto de la eficiencia de aplicación en diámetro ecuatorial del fruto (mm)	151
Figura 24. Línea de tendencia en uniformidad de distribución en diámetro ecuatorial del fruto (mm)	153
Figura 25. Línea de tendencia del efecto del área regada en el diámetro ecuatorial del fruto (mm)	155

Figura 26. Línea de tendencia del efecto de caudal descargado en el diámetro ecuatorial del fruto (mm).....	157
Figura 27. Línea de tendencia del efecto de promedio de presiones en el diámetro ecuatorial del fruto (mm).....	159
Figura 28. Línea de tendencia del efecto del coeficiente de uniformidad en el peso/fruto (t/ha).....	161
Figura 29. Línea de tendencia del efecto de la eficiencia de aplicación en el peso/fruto (t/ha).....	163
Figura 30. Línea de tendencia del efecto de uniformidad de distribución en el peso/fruto (t/ha).....	165
Figura 31. Línea de tendencia del efecto de área regada en el peso del fruto (t/ha).....	167
Figura 32. Línea de tendencia del efecto de caudal descargado en el peso del fruto (t/ha)...	169
Figura 33. Línea de tendencia del efecto de promedio de presiones en el peso del fruto (t/ha).....	171
Figura 34. Ecuación del efecto del caudal y eficiencia de aplicación en la producción de cítricos (t/ha).	172
Figura 35. Ecuación del efecto del caudal y eficiencia de aplicación en el diámetro ecuatorial (mm).....	174
Figura 36. Registro de precipitaciones pluviales	181
Figura 37. Registro histórico de humedad relativa	184
Figura 38. Registro histórico de viento	186
Figura 39. Registro histórico de temperatura.....	188
Figura 40. Cálculo de Evapotranspiración.....	189
Figura 41. Determinación de velocidad de infiltración - Parcela N° 03 – Muestra 01	193
Figura 42. Determinación de velocidad de infiltración – Parcela N° 10 – Muestra 02	194
Figura 43. Determinación de velocidad de infiltración – Parcela N° 16 – Muestra 03	196
Figura 44. Determinación de velocidad de infiltración – Parcela N° 24 – Muestra 04	198
Figura 45. Determinación de velocidad de infiltración – Parcela N° 30 – Muestra 05	200

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1. Conocimiento sobre hidrante	72
Gráfico 2. Conocimiento sobre la presión del agua en su hidrante	73
Gráfico 3. Persona que instaló el sistema de red de aspersores en su parcela	74
Gráfico 4. Conocimiento del tipo de aspersor utilizado	75
Gráfico 5. Cantidad de aspersores instalados en su parcela.....	76
Gráfico 6. Distancia de instalación de los aspersores	77
Gráfico 7. Distancia de instalación de líneas de aspersores.....	78
Gráfico 8. Meses de riego realizados	79
Gráfico 9. Etapa del cultivo y riego ejecutado.....	80
Gráfico 10. Frecuencia de riego.....	81
Gráfico 11. Tiempo de riego aplicado al cultivo de naranjas	82
Gráfico 12. Turno de riego realizado	83
Gráfico 13. Caudal de agua de riego en la parcela del agricultor	84
Gráfico 14. Uso el agua de otras fuentes fuera del proyecto	85
Gráfico 15. Pago por el uso del agua de riego	86
Gráfico 16. Uso de elevador de agua para riego	87
Gráfico 17. Conflictos por uso de agua para riego	88
Gráfico 18. Conocimiento de la calidad de sus suelos.....	89
Gráfico 19. Conocimiento sobre las fases de producción del cultivo de naranja	90
Gráfico 20. Variedades de naranja cultivadas.....	91
Gráfico 21. Edad de plantaciones de naranja.....	92
Gráfico 22. Distanciamiento de plantación del cultivo de naranja	93
Gráfico 23. Número de árboles de naranja conducidos	94
Gráfico 24. Sistema de plantación de naranjas	95
Gráfico 25. Rendimiento de naranja por árbol antes del proyecto	96
Gráfico 26. Rendimiento de naranja por árbol con riego.....	97
Gráfico 27. Mejoramiento de la calidad y tamaño de la naranja	98
Gráfico 28. Incidencia de plagas y enfermedades	99
Gráfico 29. Realización de podas	100

Gráfico 30. Fertilización del cultivo de naranjo	101
Gráfico 31. Realización de labores de control de plagas y enfermedades.....	102
Gráfico 32. Ampliación de áreas de cultivo de naranja con el proyecto	103
Gráfico 33. Migración de la población rural.....	104
Gráfico 34. Capacitación en el manejo de los cítricos.....	105
Gráfico 35. Capacitación en manejo de sistemas de riego parcelario.....	106
Gráfico 36. Capacitación en manejo de aguas y suelos	107
Gráfico 37. Capacitación en educación ambiental.....	108
Gráfico 38. Conocimiento sobre los alcances y objetivos del proyecto de riegos.....	109

RESUMEN

Se llevó a cabo la investigación en la cuenca del Río Mandor, Provincia de La Convención, departamento de Cusco, en el manejo y operación del riego por aspersión, para ello se han empleado metodologías para la evaluación de 35 parcelas, posteriormente se procedió a medir cada indicador planteado en las parcelas ubicadas tales como eficiencia de riego, coeficiente de uniformidad, caudal y presión del aspersores.

Los resultados que mostraron lo siguiente: el coeficiente de uniformidad es de 47.74%, muy por debajo al ideal, en cuanto a la eficiencia de riego fue de 48.54%, asimismo la uniformidad de distribución para las parcelas estudiadas asciende a un total de 28.09%. En cuanto a la productividad se ha realizado 02 tipos de análisis el primero aplicado a 35 parcelas con el sistema de riego por aspersión y otras 10 parcelas sin riego verificando que el riego por aspersión tiene una relación directa con la productividad, se ha determinado que existe una mejora de 43.46% en el peso promedio del fruto por planta, además, un incremento del 14.33% del diámetro ecuatorial del fruto, también se determinó el incremento del peso de fruto por cada hectárea del 72.64%, con respecto al rendimiento se verifica un incremento del 65.45% por cada árbol.

Se concluye que existe una relación positiva moderada, con un coeficiente de correlación de 0.67, entre el sistema de riego y la producción de cítricos en la cuenca del Río Mandor.

PALABRAS CLAVE: Eficiencia de Riego, Producción Agrícola, Recurso Hídrico, Riego por Aspersión.

SUMMARY

The research was conducted in the Mándor River basin, Province of La Convención, Department of Cusco, focusing on the management and operation of sprinkler irrigation. For this purpose, methodologies were applied to evaluate 35 agricultural plots, after which each proposed indicator was measured, including irrigation efficiency, uniformity coefficient, flow rate, and sprinkler pressure.

The results showed the following: the coefficient of uniformity reached 47.74%, which is well below the optimal value. Irrigation efficiency was 48.54%, and distribution uniformity for the evaluated plots reached 28.09%. Regarding productivity, two types of analyses were carried out: one applied to 35 plots with sprinkler irrigation, and another to 10 plots without irrigation. The comparison demonstrated that sprinkler irrigation has a direct relationship with productivity. It was determined that there is an improvement of 43.46% in the average fruit weight per plant, as well as an increase of 14.33% in the equatorial diameter of the fruit. In addition, the yield per hectare increased by 72.64%, and productivity per tree showed an increase of 65.45%.

It is concluded that there is a moderate positive relationship, with a correlation coefficient of 0.67, between the sprinkler irrigation system and citrus production in the Mándor River basin.

KEYWORDS: Irrigation Efficiency, Agricultural Production, Water Resources, Sprinkler Irrigation.

INTRODUCCIÓN

En la actualidad, los avances tecnológicos exigen proponer mejoras en los sistemas de riego tecnificados con la finalidad de optimizar el uso del agua, incrementar la productividad agrícola y mejorar la calidad de vida de la población. En ese entender se realizó una investigación en los sistemas de riego de la cuenca del Río Mándor, ubicada en el distrito de Maranura, provincia de La Convención. La metodología empleada para recopilar la data de área implicó la medición y realización de entrevistas y encuestas en los sectores de la Cuenca del Río Mándor. En la zona de estudio, la disponibilidad de recursos hídricos es limitada. Esta situación se debe al impacto del cambio climático, causado por los incendios forestales y la expansión de la actividad agrícola. Las acciones llevadas a cabo por la población local ha conllevado a la disminución del caudal de los manantiales en las áreas elevadas del ámbito de estudio. En la actualidad, se está realizando la búsqueda de alternativas para el suministro de agua en el distrito de Maranura.

En este contexto, la producción de cítricos constituye una de las actividades principales del distrito, según datos del Ministerio de Agricultura – La Convención (2023), el distrito de Maranura alcanza un rendimiento promedio de 8,2 t/ha de naranjo por campaña, esta actividad representa un importante ingreso económico para los agricultores locales, quienes dependen en su mayoría de estos frutales. El rendimiento de la producción de cítricos está ligada a la disponibilidad de agua y a la eficiencia en su aplicación, ya que una inadecuada aplicación de riego puede afectar el crecimiento y desarrollo de la planta, y por ende afectar su rendimiento y calidad del fruto.

Por esta razón, en diferentes áreas del distrito se están considerando la implementación de sistemas de riego por aspersión. En los últimos años, la implementación de proyectos de riego ha ganado mayor relevancia, a pesar de que este tipo de proyectos abarca dos aspectos fundamentales: el técnico y el social. La detección de problemas graves durante la operación de proyectos de construcción de infraestructura o aspectos técnicos, sin una visión integral y completa del proyecto, resalta la importancia de considerar la organización y las relaciones interpersonales (aspecto social) para lograr el éxito general del proyecto de riego. Asimismo, es fundamental tomar en cuenta la inadecuada gestión agronómica de los cultivos, debido a la falta de comprensión sobre el uso del agua en el suelo y la implementación de prácticas agrícolas inadecuadas. y una gestión agronómica deficiente de los terrenos de cultivo.

Los sistemas de riego en la Cuenca del Río Mándor fueron ejecutados por administración directa por la Municipalidad Distrital de Maranura cuyos lineamientos están orientadas a mejorar las condiciones de vida de la población rural, tal es el caso que en el desarrollo de la actividad de operación en el sistema de riego solamente algunos beneficiarios participaron activamente y en muchas ocasiones no utilizan el sistema de riego.

En ese marco, la presente investigación titulada “Riego por aspersión y su relación con la producción de cítricos” tiene como objetivo general analizar la relación entre el riego por aspersión y la producción de cítricos en la cuenca del río Mándor. Para alcanzar este propósito, se plantearon tres objetivos específicos: i) Determinar el desempeño hidráulico del riego por aspersión en la producción de cítricos, a través de indicadores como caudal descargado, presiones de operación, coeficiente de uniformidad de Christiansen (CUC), uniformidad de distribución (UD), área regada y eficiencia de aplicación. ii) Evaluar la influencia del riego por aspersión en el grado de producción de cítricos, considerando parámetros productivos como el peso y el diámetro ecuatorial de los frutos. iii) Analizar los factores climáticos y agronómicos vinculados al sistema de riego por aspersión, tales como temperatura, precipitación, velocidad del viento, humedad relativa, evapotranspiración, capacidad de campo y punto de marchitez permanente, con el fin de comprender su incidencia en el rendimiento del cultivo de cítricos.

En el capítulo I de la presente investigación se presenta la situación problemática del riego por aspersión y su relación con la producción de cítricos objeto de la presente investigación, así como la formulación del problema de investigación. De igual manera la investigación plantea la justificación del trabajo de investigación, señalando los objetivos de investigación.

En el capítulo II, se aboca exclusivamente al marco teórico de la investigación con el desarrollo de las bases teóricas, marco conceptual y teorías para comprender con mejor enfoque los resultados y discusiones analizados en el estudio.

Asimismo, en este capítulo, se describe los antecedentes, referido al riego por aspersión en cítricos.

En el Capítulo III, se presenta la hipótesis de la investigación y sus variables, así como la operacionalización, este capítulo se ha elaborado teniendo en cuenta los pasos minuciosos de la

investigación y cumple la exigencia del rigor científico, los títulos y subtítulos se ha ordenado de acuerdo al reglamento de presentación de tesis de la escuela de posgrado de la UNSAAC.

En el Capítulo IV se expone la metodología empleada en la investigación, detallándose la localización del estudio, el tipo y nivel de investigación, la unidad de análisis, la población considerada, el tamaño de la muestra, así como las técnicas aplicadas para su selección y para la recolección de información. Asimismo, se describe el conjunto de actividades previas a la etapa de evaluación.

En el Capítulo V se presentan los resultados obtenidos, organizados de manera secuencial en función de los objetivos planteados en la investigación. De igual modo, se incluyen las discusiones correspondientes, contrastando los hallazgos con los reportados en estudios previos.

Finalmente, se exponen las conclusiones y recomendaciones, ordenadas en coherencia con los objetivos establecidos al inicio del estudio.

En los anexos se incluyen los cuestionarios utilizados en la presente investigación, cuadros estadísticos de relevancia que complementan para un mejor entendimiento de la investigación.

De esta manera, la investigación busca generar información técnica y científica que contribuya a mejorar la gestión del agua en los sistemas de riego por aspersión, promoviendo una producción más eficiente y sostenible del cultivo de cítricos en la zona de estudio.

CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. Situación problemática

En el distrito de Maranura, ubicado en la provincia de La Convención, se implementó un sistema de riego por aspersión en la cuenca del río Mándor. El propósito de esta intervención fue incrementar de forma significativa la productividad y eficiencia agrícola, evaluadas en base a los volúmenes de producción obtenidos. El proyecto tiene como objetivo abastecer el sistema de riego a través del diseño y mejora de una infraestructura apropiada que se adapte a la topografía del terreno. Debido a manantiales existentes y las pronunciadas pendientes se ha garantizado el caudal necesario para el correcto funcionamiento de los aspersores. De esta manera, se busca satisfacer las necesidades hídricas de los cultivos durante períodos de sequía o escasez de lluvias en un área de 132.60 has en la zona de estudio, según Municipalidad distrital de Maranura, año 2012.

En la cuenca del Río Mándor, se ha identificado una carencia de conocimiento entre los comités de regantes en relación con la gestión y operación de los módulos de riego en las unidades productivas. Esta carencia se refleja en el desarrollo limitado y la escasa productividad de los cultivos. Los agricultores carecen de conocimiento sobre aspectos fundamentales en el manejo del riego por aspersión, tales como la eficiencia de aplicación, coeficiente de uniformidad, uniformidad de distribución del agua y la cantidad apropiada de agua requerida por cada tipo de cultivo. Además, no cuentan con un plan organizado para el manejo del riego. Un sistema de riego ineficiente puede provocar la pérdida de agua, salinización y erosión del suelo, desequilibrio hídrico, incremento en el consumo de energía y acarrear efectos negativos para el medio ambiente. Durante la etapa tardía, la falta de riego no afecta la calidad interna del fruto. La carga de fruto es un factor determinante en la producción, el peso del fruto y la eficiencia de producción en la agricultura. El aumento en la densidad de floración contrarresta el impacto negativo que la escasez de riego tiene en el desarrollo del árbol. Un manejo inadecuado del riego puede provocar una pérdida excesiva de nutrientes, en contraste, un riego adecuado puede reducir la pérdida de nitrógeno en los acuíferos y promover la salud del suelo. Además, tiene la capacidad de aumentar el caudal de los ríos y reducir la posibilidad de erosión.

La compactación del suelo puede ser causada por un exceso de agua, lo cual conlleva a la reducción de la porosidad y la capacidad de retención de agua en el mismo. La restricción en la capacidad de las raíces para extenderse puede provocar consecuencias negativas en el crecimiento de las plantas. Realizar una evaluación periódica del sistema de riego es crucial para verificar si su funcionamiento se ajusta a lo previsto en el diseño inicial del proyecto. A través de indicadores de desempeño, se pueden identificar posibles mejoras, expansiones o modificaciones en la infraestructura del sistema de riego (De La Cruz Janampa, 2015).

La Municipalidad distrital de Maranura realizó una instalación de un sistema de riego cuyo funcionamiento se basa íntegramente con aspersores en la cuenca del Río Mándor, el objetivo principal de este proyecto es el mejoramiento del servicio de productividad en las parcelas activas de la actividad agropecuaria en la zona, cabe indicar que los agricultores beneficiados con este sistema de riego no realizan un buen manejo del sistema de riego presurizado debido al desconocimiento y a la de experiencia del agricultor, tal es así que hay baja productividad y desarrollo de los cultivos.

1.2. Formulación del problema

1.2.1. Problema general

¿Cuál es la relación entre el riego por aspersión y la producción de cítricos en la cuenca del Río Mándor en La Provincia de la Convención – Cusco, 2021?

1.2.2. Problemas específicos

- ¿Cuál es el desempeño hidráulico del riego por aspersión en la producción de cítricos en la cuenca del Río Mándor en la Provincia de La Convención – Cusco, 2021?
- ¿Cuál es la influencia del riego por aspersión en el grado de producción de cítricos en la cuenca del Río Mándor en la Provincia de la Convención – Cusco, 2021?
- ¿Cómo son los factores climáticos y agronómicos del sistema de riego por aspersión para la producción de cítricos en la Cuenca del Río Mándor en la Provincia de La Convención – Cusco, 2021?

1.3. Justificación de la investigación

A través de la presente investigación se aporta información técnica sobre la eficiencia y desempeño del riego por aspersión en las unidades productivas de los agricultores del distrito de Maranura. El estudio resulta relevante debido a que, en la zona de investigación, el agua es un recurso limitado y su gestión adecuada es determinante para garantizar la sostenibilidad de la agricultura, especialmente de cultivos frutales de importancia económica como los cítricos.

El agua es uno de los recursos más limitantes para la producción agrícola, especialmente en zonas donde la disponibilidad hídrica se encuentra condicionada por la estacionalidad de las lluvias. En este contexto, el riego por aspersión constituye una alternativa tecnológica, ya que permite una distribución uniforme y controlada del agua, reduciendo pérdidas y mejorando el aprovechamiento del recurso (Tarjuelo et al., 2015). La citricultura, por su alta demanda de agua y su sensibilidad a déficits hídricos, depende en gran medida de la implementación de sistemas de riego que garanticen un suministro adecuado, lo que se traduce en mejores rendimientos y calidad de los frutos (Rodríguez & Romero, 2019).

En la cuenca del río Mándor, Provincia de La Convención – Cusco, los cítricos representan un cultivo de gran importancia económica para los agricultores. Sin embargo, las limitaciones en el manejo de los sistemas de riego por aspersión repercuten directamente en la producción de cítricos, por la falta de conocimiento en la eficiencia de aplicación y la uniformidad de aplicación del riego por aspersión. Frente a esta situación, la presente investigación cobra relevancia, al generar evidencia científica sobre el desempeño hidráulico de los sistemas de aspersión, así como su impacto en el desarrollo y producción de los cítricos.

El estudio se justifica por su aporte técnico, ya que permitió determinar el desempeño hidráulico del riego por aspersión, evaluando indicadores clave como caudal descargado, presiones de operación, coeficiente de uniformidad de Christiansen (CUC), uniformidad de distribución, área regada y eficiencia de aplicación. Estos parámetros son fundamentales para diagnosticar la eficiencia del sistema y establecer recomendaciones de mejora en el uso del recurso hídrico (Playán & Mateos, 2006).

Asimismo, la investigación generó información productiva al evaluar la influencia del riego por aspersión en la producción de cítricos, mediante indicadores como el peso y el diámetro de los frutos. Dichos parámetros son esenciales para valorar la calidad comercial del producto y su competitividad en el mercado (Domínguez et al., 2012).

Finalmente, la investigación se justifica por su aporte en la comprensión de la interacción entre el riego y el entorno productivo, ya que permitió analizar factores climáticos y agronómicos del sistema de riego por aspersión (temperatura, precipitación, viento, humedad relativa, evapotranspiración y características del suelo), variables que influyen en la eficiencia y sostenibilidad de la citricultura en la zona de estudio (Allen et al., 1998).

Por lo tanto, el estudio contribuye a un mejor entendimiento de la relación entre riego por aspersión y producción de cítricos en la cuenca del río Mándor, y también ofrece información técnica que puede ser utilizada como base para la toma de decisiones en la gestión del agua y la optimización de los sistemas de riego.

1.4. Objetivos de la investigación

1.4.1. Objetivo general

Analizar la relación entre el riego por aspersión y la producción de cítricos en la cuenca del Río Mándor en la Provincia de La Convención – Cusco, 2021.

1.4.2. Objetivos específicos

- Determinar el desempeño hidráulico del riego por aspersión en la producción de cítricos en la cuenca del Río Mándor en La Provincia de La Convención – Cusco, 2021.
- Determinar la influencia del riego por aspersión en la producción de cítricos en la cuenca del Río Mándor en la Provincia de La Convención – Cusco, 2021.
- Analizar los factores climáticos y agronómicos del sistema de riego por aspersión para la producción de cítricos en la Cuenca del Río Mándor en la Provincia de La Convención – Cusco, 2021.

CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO CONCEPTUAL

2.1. Bases teóricas

2.1.1. Riego

El sistema de riego se entiende como el conjunto de infraestructuras diseñadas para facilitar el uso agrícola de un área específica mediante el suministro eficiente de agua a los cultivos. Este sistema se compone de diversos elementos, cuya cantidad y características varían según la modalidad de riego utilizada. En particular, el riego por aspersión corresponde a un método presurizado que distribuye el agua en forma de pequeñas gotas sobre los cultivos, reproduciendo el efecto de la lluvia natural (Huaylla Limachi, 2019).

En este contexto, el riego agrícola consiste en la aplicación uniforme de agua sobre la superficie cultivada, garantizando su disponibilidad para el desarrollo de las plantas. En particular, los sistemas de riego por aspersión requieren ser diseñados de manera que la velocidad de aplicación no supere la capacidad de infiltración del suelo, con el propósito de evitar pérdidas por escorrentía (Huaylla Limachi, 2019).

El aspecto social de la gestión del recurso hídrico comprende tanto la organización como la administración de su distribución, así como el registro de usuarios, el mantenimiento de la infraestructura y la atención a los conflictos que puedan generarse. Por otro lado, los componentes económicos vinculados al uso del riego se relacionan con las actividades agrícolas y pecuarias, considerando su rentabilidad y sostenibilidad en el tiempo (Huaylla Limachi, 2019).

2.1.2. Sistema de riego por aspersión

El riego por aspersión es un sistema de riego presurizado que aplica el agua en forma de lluvia artificial, permitiendo una distribución relativamente uniforme y un control más preciso del volumen aplicado. Este sistema ofrece ventajas como el ahorro de agua, la facilidad de automatización, y la adaptabilidad a diversos tipos de suelo y topografía (Brouwer, Prins, Kay & Heibloem, 1988).

Este método de aplicación que se consigue como consecuencia de la presión del agua que a través de tuberías que es expulsada al exterior por medio de un aspersor simulando la lluvia.

De acuerdo a Alejos Ascencio (2018), El riego por aspersión permite distribuir el agua de forma semejante a la lluvia sobre los cultivos, mediante su conducción a presión a través de tuberías que, al llegar al aspersor, la dispersan en gotas que se depositan sobre el suelo. Por su parte, el riego por goteo resulta adecuado en condiciones con baja incidencia del viento, ya que reduce posibles pérdidas. Sin embargo, al cubrir grandes extensiones del terreno, pueden producirse pérdidas notables por evaporación. Para su aplicación se emplean distintos equipos, entre ellos sistemas de aspersión fija, portátil, de cañón, de pívot central y de avance frontal. Cabe señalar que la velocidad de aplicación del agua debe ser igual o menor que la tasa de infiltración del suelo, a fin de evitar escorrentías. En este sistema, los aspersores operan con caudales iguales o superiores a 600 litros por hora, trabajando a presiones que van desde 2,2 – 2,5 kg/cm² (baja presión) hasta 4,5 kg/cm² (alta presión).

2.1.3. Indicadores del desempeño hidráulico

Los indicadores del riego por aspersión se detallan a continuación:

Caudal de Riego

De acuerdo a Tarjuelo (1991), se tiene la siguiente fórmula para calcular con la siguiente expresión:

$$Q_{\text{sector}} = A_{\text{sector}} \times M_r \dots \dots \dots (1)$$

Donde:

Q_{sector} = Caudal de riego del sector (l/s)

A_{sector} = Área del sector de riego (ha)

M_r = Módulo de riego (l/s)

De acuerdo a Tarjuelo (1991), se tiene la siguiente fórmula, referente a la cantidad de aspersores dotados:

$$N_{\text{ASP}} = \frac{Q_{\text{sector}}}{Q_{\text{aspersor}}} \dots \dots (2)$$

$N_{\text{aspersores}}$: Número de aspersores por parcela

Q_{sector} : Caudal del sector

Q_{aspersor} : Caudal del aspersor

Instituto Interamericano de cooperación para la agricultura IICA (2020), afirma lo siguiente: Luego de determinar el número de aspersores en un sector específico, resulta indispensable establecer la distancia óptima entre ellos. Para alcanzar este propósito, es fundamental atender al criterio de separación correspondiente.

$$D_{ENTREASPERORES} \leq 0.65 * D_{MOJADO} \dots \dots (3)$$

El cálculo del espaciamiento efectivo entre los aspersores se determina mediante la evaluación de la orografía del terreno y de las dimensiones de ingreso o ancho de la parcela el cual es medida en dirección paralela a la topografía medida a través de las curvas de nivel.

$$N_{ASPERORES} * 0.8 * D_{AREA MOJADO} \dots \dots (4)$$

Alejos Ascencio (2018) , señala que se debe contemplar la colocación de una o varias filas de hidrantes entre las parcelas, de manera que el riego pueda efectuarse mediante la extensión de la línea móvil de riego, ubicada en cada extremo de los hidrantes instalados. Con esta disposición, se procede a un cálculo matemático que consiste en dividir la distancia determinada entre el número de aspersores, con el propósito de definir la separación requerida. Para precisar la longitud de la manguera correspondiente a la línea de riego móvil. De acuerdo a Tarjuelo (1991), se emplea la siguiente fórmula se la siguiente fórmula:

$$LM = \left(N_{aspersores} * \frac{1}{2} \right) * D_{aspersores} + D_{hidrantes} \dots \dots (5)$$

Donde:

LM	: Longitud de la manguera de la línea móvil.
N aspersores	: Número de aspersores en línea.
D aspersores	: Distanciamiento entre aspersores en la línea del riego.
D hidrantes	: Distanciamiento entre líneas.

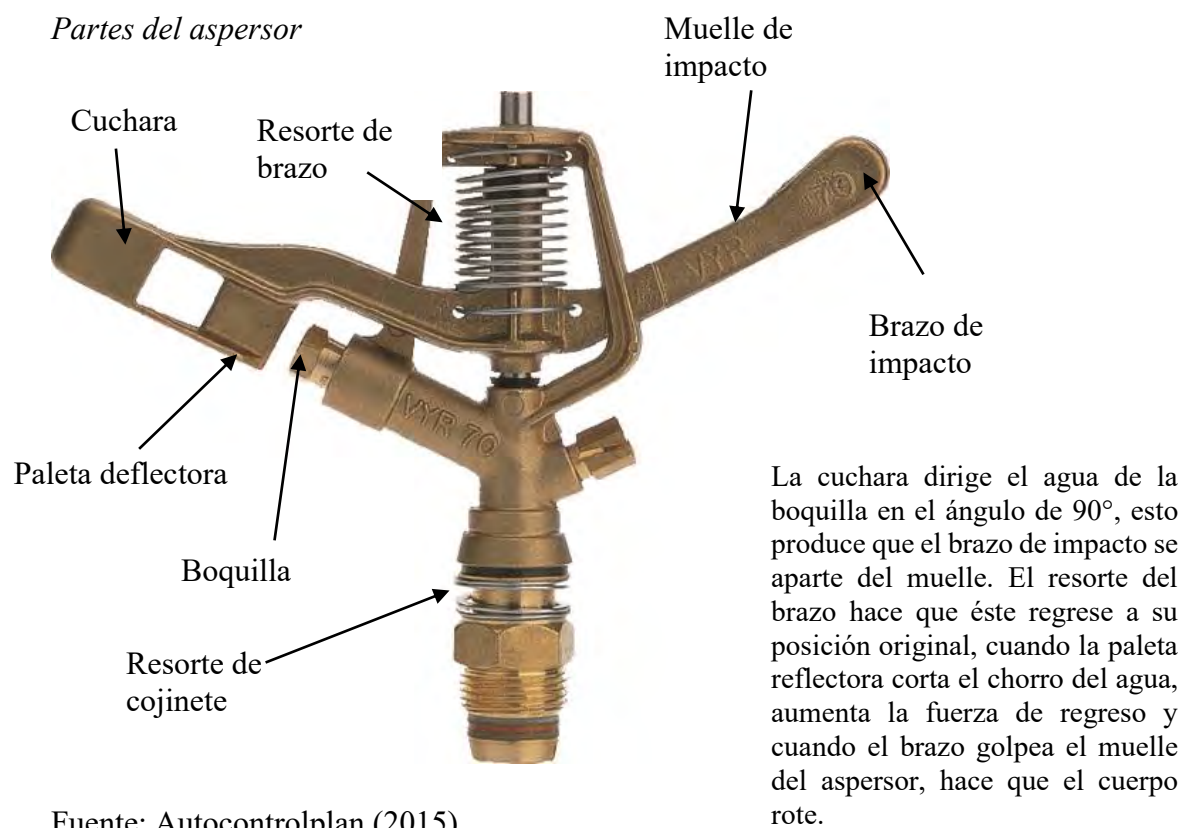
2.1.3.1. El aspersor

Un aspersor, esencial en los sistemas de riego modernos, está compuesto por múltiples componentes clave que colaboran para asegurar una distribución eficaz y uniforme del agua. La cabeza del aspersor, ubicada en la parte superior, alberga las boquillas, que pueden ser fijas o

rotativas dependiendo del modelo, permitiendo así diferentes patrones de riego, ya sea circular o sectorial. Las boquillas, fundamentales en el control del flujo de agua, son diseñadas para influir en el alcance y el patrón de riego, y pueden ser ajustables para adaptarse a las necesidades específicas del terreno (Huaylla Limachi, 2019). En la figura 1 se detalla las partes de un aspersor VYR 70.

Figura 1.

Partes del aspersor



Fuente: Autocontrolplan (2015).

Los aspersores rotativos incluyen un mecanismo de giro que permite que la cabeza del aspersor rote, distribuyendo el agua en un patrón circular. En los aspersores de impacto, este movimiento rotativo se activa por la fuerza del agua golpeando una paleta. El cuerpo del aspersor, que sostiene la cabeza, se conecta a la fuente de agua, y puede ser diseñado tanto para una instalación superficial como para un modelo emergente que se eleva durante el uso y se retrae posteriormente (Huaylla Limachi, 2019).

Clasificación de los aspersores

Los aspersores empleados en la actividad agrícola pueden ser categorizados de distintas formas, considerando aspectos como el mecanismo de rotación que utilizan, la superficie de cobertura que alcanzan y la presión de funcionamiento con la que operan (Huaylla Limachi, 2019).

Basado en el mecanismo de giro:

a). Aspersores de Impacto: Son ampliamente usados en la agricultura. Funcionan mediante un mecanismo que gira al ser golpeado por el chorro de agua.

b). De acuerdo con el área regada: Aspersores Circulares: Estos dispositivos riegan una zona en forma de círculo completo.

c). Aspersores sectoriales: Diseñados para irrigar solo una fracción de una superficie circular, permitiendo un riego más específico.

Por categorización de presión de trabajo:

- Presión máxima: Aspersores que operan a más de 4 kg/cm².
- Presión Media: Estos trabajan en un rango de presión entre 2 y 4 kg/cm².
- Presión mínima: Diseñados para funcionar a presiones menores de 2 kg/cm².

2.1.4. Diseño y configuración del sistema

El diseño y la configuración del sistema de riego por aspersión constituyen un factor determinante para lograr eficiencia hídrica y productiva en la agricultura de cítricos. Según Víctor Beyá y Galleguillos (2020), comprender con precisión las necesidades hídricas del cultivo, junto con las características edáficas y topográficas del terreno, es un requisito esencial para garantizar la efectividad del sistema. En este proceso, la selección del tipo de aspersor, su caudal, presión de trabajo y la disposición espacial de los emisores adquieren un rol estratégico, ya que de ello depende la uniformidad de aplicación del agua y la reducción de pérdidas por evaporación o escurrimiento. De igual forma, la adecuada configuración hidráulica y operativa del sistema incide directamente en la disponibilidad de agua en la zona radicular, lo que repercute en el desarrollo vegetativo, la floración y la calidad de los frutos. En consecuencia, un diseño técnicamente fundamentado y una configuración adaptada a las condiciones agroclimáticas locales no solo

optimizan la eficiencia del riego, sino que también se convierten en un componente crítico para alcanzar mayores rendimientos y una producción de cítricos de calidad.

2.1.4.1. Diseño agronómico en aspersión

A. Determinación de la cantidad de agua necesaria

Alejos Ascencio (2018) señala que la estimación de la demanda hídrica de los cultivos se fundamenta en un análisis del balance de agua, en el cual se consideran tanto los aportes como las pérdidas. Estas últimas se relacionan principalmente con la evapotranspiración, mientras que los aportes provienen de las precipitaciones. En situaciones donde las pérdidas exceden a las ganancias, resulta indispensable complementar con riego para compensar el déficit de agua. Es necesario diferenciar entre las necesidades netas de agua, entendidas como la cantidad efectivamente utilizada por la planta, y las necesidades reales, que incluyen las pérdidas adicionales producidas en el sistema hasta que el recurso hídrico llega al cultivo. En consecuencia, las necesidades reales siempre superan a las netas debido a dichas pérdidas propias del proceso de riego.

$$N_n = E_{To} - P_e \dots \dots \dots (6)$$

Donde:

N_n = Necesidad de agua

E_{To} = Evatranspiracion potencial

P_e = Precipitación efectiva

El balance es:

$$N_n = (E_{T_0} - P_{pa}) - (P_e + F + A\theta) \dots \dots (7)$$

Donde:

E_{T_0} : Evapotranspiración

P_{pa} : Percolación profunda que se considera después de la eficiencia de aplicación

P_e : Precipitación efectiva

F : Aporte de capilaridad de la capa freática que salvo casos excepcionales es despreciable

A_θ : Variación de la humedad del suelo que se considera nula

Otro factor de análisis importante es las necesidades reales considerada como Nr, el cual es de importancia aplicarlos con un factor de corrección o coeficiente, este factor se determina a través de la siguiente ecuación, además, se conoce que las necesidades son medidas en milímetros por mes (mm/mes) sin embargo, en otros proyectos también pueden ser medidos en términos de días. De acuerdo a Tarjuelo (1991), se tiene la siguiente fórmula:

$$Nr = Nn / (Ea * (1/-FL)) \dots\dots (8)$$

Donde:

Nn : Necesidad de agua

Nr : Necesidad real (mm por mes)

Ea : Eficiencia de aplicación

Fl : Fracción de lavado

B. Parámetros de riego

El contenido de agua presente en el suelo se determina a partir de la relación entre el volumen de agua almacenado y el volumen total del terreno, siendo un factor que varía según el nivel de humedad de la zona. En este contexto, es necesario distinguir dos estados críticos: la capacidad de campo y el punto de marchitez permanente. La capacidad de campo se entiende como la condición en la que el suelo alcanza su máxima retención de agua en los poros o espacios disponibles, lo cual suele observarse un día después de un riego abundante. En contraste, el punto de marchitez permanente corresponde a la situación en la que el suelo carece de agua disponible, provocando el marchitamiento irreversible de las plantas. Entre estos extremos se encuentra el nivel denominado agua rápidamente aprovechable (ARA), considerado el rango óptimo para el desarrollo vegetal. No obstante, este parámetro no es uniforme, ya que depende del tipo de suelo agrícola, lo que a su vez incide en la planificación y asignación del riego (Víctor Beyá & Galleguillos, 2020). En la tabla 1, se muestra la retención de agua con las diferentes texturas del suelo.

Tabla 1.

Capacidad de retención de agua de diferentes tipos de suelos

Tipo de suelos	Retención de agua
Arcilloso	20mm/10cm
Limoso	14mm/10cm
Arenoso	6mm/10cm

Nota: el volumen de agua disponible varía considerablemente con el tipo de suelo.

La cantidad de agua que un cultivo puede absorber del suelo depende de la profundidad de su sistema radicular (expresada en metros lineales), y del contenido de Agua Rápidamente Aprovechable (ARA), representado en decimales. A este cálculo se añade la Fracción de Agua Rápidamente Aprovechable (FARA), la cual está determinada por el tipo de cultivo y las condiciones de evapotranspiración propias de la zona. De esta manera, el volumen disponible se traduce en una lámina delgada de agua conocida como Lámina de Agua Rápidamente Aprovechable (LARA), cuya medida se expresa en milímetros (Víctor Beyá & Galleguillos, 2020).

De acuerdo a Tarjuelo (1991), se tiene la siguiente fórmula:

$$LARA = \text{Prof. Raíces} * ARA * FARA * 1000 \dots\dots (9)$$

Donde:

LARA : Lámina de agua rápidamente aprovechable.

ARA : Agua rápidamente aprovechable en el suelo.

FARA : Fracción de agua rápidamente aprovechable por los cultivos.

El factor intervalo de riego (IR) es un concepto definido en el procedimiento de plan y gestión de los sistemas de riego a plantear. El intervalo máximo de tiempo entre dos riegos, medido en días, es de vital importancia a fin de evitar el valor de estrés hídrico de las plantas, este intervalo se encuentra en función de la evaporación diaria del cultivo (In) y del factor LARA. De acuerdo a Tarjuelo (1991), se tiene la siguiente fórmula:

$$IR = \frac{LARA}{Ln} \dots \dots (10)$$

Donde:

IR : Intervalo de riego (días)

Ln : Lámina que evapora la planta por día (mm/día)

La asignación efectiva de riego, es la cantidad de volumen de agua necesarias para compensar la fracción FARA extraída del cultivo en la zona de raíces, el incremento de este volumen ocasiona un decrecimiento de agua debido a que se genera una zona humeda el cual excede la capacidad de retención de la zona, esto produce una filtración, la profundidad de infiltración es igual a la LARA (expresadas en milímetros), especialmente cuando se utiliza el intervalo de riego máximo permitido. En caso de que se haya establecido un intervalo de riego más corto. De acuerdo a Tarjuelo (1991), la dotación neta de riego (Dn) se calcula con la siguiente fórmula:

$$Dn = Ln \times IR \text{ real} \dots (11)$$

La dotación bruta de riego (Db) es un parámetro fundamental en el estudio de sistemas de riego. La dotación neta (Dn) es superior debido a la pérdida de parte del agua de riego aplicada, causada por la falta de uniformidad en la distribución de la lámina de riego y otros factores. De acuerdo a Tarjuelo (1991), se tiene la siguiente fórmula:

$$Db = \frac{Dn}{Ea} * 100 \dots (12)$$

Db : Dotación bruta (mm)

Dn : Dotación neta (mm)

Ea : Eficiencia de aplicación (65-75% para riego por aspersión)

La dotación bruta de agua (Db), debe ser suministrada por aspersores que operan a una intensidad de precipitación específica (Pp) (medida en mm/hora), lo que a su vez define la duración del riego, es decir, cuánto tiempo deben permanecer los aspersores en una posición fija. En terrenos donde se cultivan diferentes tipos de plantas, la práctica que demostró más eficacia en su aplicación es la de reducir el intervalo de cada riego entre el calculado para cada cultivo.

De acuerdo a Huaylla Limachi (2019), señala que la elección del tipo de aspersor a instalar o el más adecuado para el sistema a instalar dependerá de los siguientes factores:

- La velocidad básica de infiltración se refiere a la tasa a la cual el agua penetra en el suelo. Para prevenir la escorrentía, es importante que la intensidad de la precipitación del aspersor no supere la velocidad de infiltración del suelo.
- Dimensión de las parcelas: En terrenos extensos, es apropiado emplear aspersores con un diámetro de riego mayor, en contraste, en áreas más pequeñas se aconseja la utilización de aspersores con diámetros más reducidos o aspersores sectoriales.
- Cultivo: Clasificación del tipo de cultivo. En terrenos dedicados al cultivo de hortalizas con rotaciones periódicas, se recomienda utilizar aspersores de menor tamaño, conocidos como microaspersiones, con el fin de ajustar la irrigación a los requerimientos particulares de cada área.
- Disponibilidad de presiones de trabajo: Para entornos diversos, como los de zonas montañosas, se necesitan aspersores capaces de operar en un extenso intervalo de presiones, que va desde 1 atmósfera hasta 4.5 atmósferas.

De acuerdo a Laserna Arcas, Montero Martinez, Sheikhesmaeili, & Alcazar Bascuñana (2016), La infiltración se entiende como el proceso por el cual el agua penetra desde la superficie del suelo hacia la zona radicular de las plantas y, posteriormente, hacia estratos más profundos. La velocidad de este fenómeno tiende a disminuir de manera gradual con el paso del tiempo y depende principalmente de la porosidad y permeabilidad del suelo. Dichas propiedades, a su vez, están influenciadas por factores como la textura, la estructura, el contenido de materia orgánica y las prácticas agrícolas aplicadas. En el ámbito hidrológico, resulta fundamental distinguir entre la tasa de infiltración instantánea (LI) y la infiltración acumulada (IA): la primera corresponde al volumen de agua que ingresa en un tiempo específico, mientras que la segunda refleja la cantidad total infiltrada en un intervalo determinado. La estimación de la velocidad básica de infiltración (VBI) se realiza con mayor precisión a través de mediciones directas en campo, empleando instrumentos como el cilindro infiltrómetro o el surco infiltrómetro.

Es factible estimar la intensidad de la precipitación de un aspersor mediante cálculos que consideren la distancia entre los aspersores. Es importante tener en cuenta que el alcance efectivo de cada aspersor, considerando los efectos de superposición, tiene correlación positiva

significativa al cuadrado de la distancia entre ellos. De acuerdo a Tarjuelo (1991), se tiene la siguiente fórmula:

$$Pp = \left(\frac{Q}{D^2} \right) * 1000 \dots \dots (13)$$

$$Pp = \left(\frac{Q}{D_{asp} \times D_{linea}^2} \right) * 1000 \dots \dots (14)$$

Donde:

Q: Caudal del aspersor (m³/h)

D: Distancia de esparcimiento entre 2 aspersores (m)

Pp: Precipitación del aspersor mm/h

Dasp: Distanciamiento entre aspersores

Dlinea: Distanciamiento entre laterales

2.1.4.2. Operación del sistema de riego por aspersión en ladera

El procedimiento para operar los componentes del sistema de riego por aspersión debe ser seguido cuidadosamente para asegurar su correcto funcionamiento y reducir la posibilidad de daños, se debe mucho cuidado teniendo en cuenta lo siguiente:

a. Llenado y vaciado de tuberías

Al poner en marcha el sistema de riego por primera vez, al suspender el suministro de agua para el riego o al restablecerlo tras un corte, es fundamental tomar medidas de precaución para prevenir la reducción o interrupción del flujo de agua y el daño a los tubos. Esto puede ser causado por la presencia de aire, sobrepresión o vacío.

b. Aplicación del riego

Es fundamental tener en cuenta que el exceso de riego resulta perjudicial para la salud del suelo y de los cultivos, así como puede impactar negativamente en los demás usuarios del sistema. Por otro lado, la insuficiencia de riego conlleva a una disminución en los rendimientos de la cosecha. Para asegurar un riego adecuado, es fundamental que cada agricultor verifique el correcto funcionamiento de su sistema de riego a través de pruebas realizadas en el campo. Es recomendable

que cada sistema de riego por aspersión cuente con una programación de riego elaborada por expertos.

Cuando no se cuenta con un programa de riego establecido, el agricultor puede determinar el nivel de humedad en la zona del suelo donde se localiza la mayor concentración de raíces del cultivo. Cabe señalar que, en suelos de textura arenosa, cuya capacidad de retención hídrica es reducida, es necesario aplicar riegos con mayor frecuencia, aunque en volúmenes menores, a diferencia de lo que ocurre en suelos de tipo arcilloso (Víctor Beyá & Galleguillos, 2020). En la zona de estudio de acuerdo al análisis de suelos se determinó la textura de suelos corresponde a suelos francoarcillo arenosos.

2.1.5. Eficiencia de aplicación del riego

Se establece un umbral mínimo para la cantidad de agua en el suelo que evite una reducción significativa en la producción. Será necesario regar una vez se alcance ese valor. La extracción de agua se ve influenciada por diversos factores, como el tipo de cultivo, la disponibilidad de agua en el suelo, las condiciones climáticas y la capacidad de adaptación del cultivo a su entorno (Víctor Beyá & Galleguillos, 2020).

El concepto de eficiencia de aplicación (E_a) del riego se relaciona con el rendimiento y representa la cantidad de agua aplicada que permanece en la zona radicular de la planta. La eficiencia energética puede calcularse mediante la siguiente expresión:

$$E_a(\%) = 100 \frac{\text{Volumen emitido por aspersores}}{\text{Volumen almacenado en zona radicular}}$$

En situaciones donde no se presenten fenómenos de escorrentía ni filtración profunda en el sistema de riego por aspersión, es factible calcular la lámina de agua efectiva (E_a) a partir de la información de la intensidad de lluvia de los aspersores (P en mm/h), la duración del riego (T en horas) y la altura promedio del agua recolectada en los pluviómetros (m en mm). De acuerdo a Tarjuelo (1991), se calcula con la siguiente fórmula:

$$E_a(\%) = 100 * \frac{PT}{m}$$

La eficiencia de la aplicación de agua de riego es un indicador que mide la proporción de agua aplicada que se utiliza efectivamente.

2.1.5.1. Evaluación de la eficiencia y sostenibilidad de los sistemas de riego por aspersión

Lagos, Manríquez, Contreras, & Valdivia (2015), señalan que la evaluación de la eficiencia del recurso hídrico por parte de los agricultores, exige la implementación de procesos que permitan definir el momento oportuno y la cantidad adecuada de agua para cada aplicación, además de optimizar tanto la operación de las redes de distribución como el proceso de riego en el campo. En la tabla 2 se muestra los parámetros de evaluación de eficacia del sistema de riego.

Tabla 2.

Parámetros de evaluación de eficacia de sistemas de riego

Parámetros	Siglas
Déficit permisible de manejo	DPM
Uniformidad de distribución	UD
Coeficiente de uniformidad	CU
Coeficiente de variación	CV
Coeficiente de uniformidad estadístico	CUE
Eficiencia de aplicación	EA
Eficiencia potencial de aplicación	EPA
Eficiencia de descarga	Ed

Fuente: Tarjuelo (1991)

2.1.5.1.1. Eficiencia del riego por aspersión

La gestión adecuada de los recursos hídricos depende en gran medida de una administración eficiente del agua. Es decir, la eficiencia en su uso se refiere a la capacidad de un sistema de riego para optimizar el aprovechamiento del volumen de agua suministrado. Particularmente en los sistemas de riego por aspersión, es esencial evaluar la uniformidad en la distribución del agua, así como reducir al mínimo las pérdidas derivadas de la evaporación y del escurrimiento superficial (Alejos Ascencio, 2018).

El uso de tecnologías, tales como sistemas automatizados, sensores para la medición de la humedad del suelo y softwares de control, contribuye de manera significativa a optimizar la eficiencia operativa de los sistemas de riego por aspersión. Estas herramientas tecnológicas facilitan una regulación precisa del riego, permitiendo su ajuste en función de las condiciones climáticas y los requerimientos específicos de cada tipo de cultivo (Lagos, Manrique, Valdivia, & Contreras, 2015).

La evaluación del rendimiento agrícola constituye una etapa esencial en el ámbito de la producción agropecuaria, ya que permite cuantificar la productividad y eficiencia de los cultivos en un periodo determinado. Un sistema de riego que opere con eficiencia se evidencia en un incremento tanto en la producción y en la calidad de los productos obtenidos (Lagos, Manrique, Valdivia, & Contreras, 2015).

2.1.5.1.2. Sostenibilidad de los sistemas de riego por aspersión

La sostenibilidad de los sistemas de riego no se limita únicamente a la optimización en el uso del recurso hídrico, sino que también abarca la preservación de la calidad del suelo. En este sentido, la implementación y adecuada gestión de un sistema de riego por aspersión contribuye a disminuir los procesos erosivos, así como a prevenir la salinización y el deterioro del suelo (Rodríguez & García, 2021).

Rodríguez & García (2021) afirman que es esencial evaluar los sistemas de riego por aspersión desde una visión integral de impacto ambiental, tomando en cuenta factores como la huella de carbono producida, el consumo de energía y las acciones preventivas frente a la contaminación de cuerpos de agua subterráneos y superficiales. En este marco, el riego por aspersión incide directamente en la conservación tanto del agua como del suelo.

2.1.5.1.3. Conservación del suelo y riego por aspersión

Prevención de la erosión del suelo: A diferencia de los sistemas de riego que aplican grandes cantidades de agua, como el riego por inundación, el riego por aspersión puede minimizar la erosión del suelo. Al distribuir el agua de manera más uniforme y controlada, se reduce el impacto del agua en la superficie del suelo, protegiendo así su estructura y composición (IICA, 2020).

El riego por aspersión contribuye a mitigar los procesos de salinización, una problemática frecuente en sistemas de riego con baja eficiencia. Al permitir una aplicación más uniforme y en volúmenes adecuados de agua, se reduce el riesgo de acumulación excesiva de sales en la superficie del suelo (Víctor Beyá & Galleguillos, 2020).

Impacto en la Fertilidad del Suelo: Un buen manejo del riego por aspersión también puede influir positivamente en la fertilidad del suelo. La distribución uniforme del agua facilita un uso más eficiente de los fertilizantes y minimiza la lixiviación de nutrientes (IICA, 2020).

2.1.6. El riego en los cítricos

Lamo (2015), señala que la gestión adecuada del recurso hídrico resulta, en muchos casos, indispensable para alcanzar un rendimiento comercial óptimo en la producción frutícola. No obstante, la mayoría de los cítricos y especies afines presentan la capacidad de soportar periodos prolongados de sequía y, en su etapa adulta, muestran una notable eficiencia en la retención de agua. En este sentido, es fundamental distinguir entre la adaptabilidad fisiológica de los cítricos frente a condiciones de déficit hídrico y la necesidad de asegurar niveles de producción aceptables que garanticen la calidad del fruto.

2.1.6.1. Características del riego por aspersión en cítricos

El riego por aspersión en la agricultura de cítricos ha evolucionado significativamente, incorporando avances tecnológicos y mejoras en la gestión del agua. Esta sección explora las características técnicas clave de estos sistemas, basándose en literatura académica y estudios de campo relevantes.

De acuerdo a Lamo (2015), las especificaciones técnicas de los sistemas de riego por aspersión utilizados en la agricultura de cítricos son el diseño del sistema, la selección de aspersores, la presión de operación, y la distribución del agua.

2.1.6.2. Influencia de los métodos de riego en la calidad de los cítricos

Los diferentes métodos de riego tienen influencia en la calidad de los cítricos, a continuación, se detalla los diferentes métodos de riego:

- a. Riego por Aspersión: Este sistema posibilita una aplicación homogénea y regulada del agua, lo que incide positivamente en la calidad de los cítricos. Un suministro hídrico adecuado y constante promueve un desarrollo más favorable del fruto, traduciéndose en cítricos de mayor tamaño, con mejor textura y un sabor más concentrado (Aldana & Saavedra, 2021).
- b. Riego por Goteo: El riego por goteo es un sistema de riego localizado que se distingue por su elevada eficiencia, ya que suministra agua y nutrientes en volúmenes reducidos directamente en la zona radicular de las plantas mediante el uso de emisores especializados. Esta técnica minimiza de manera considerable las pérdidas de agua y garantiza un aporte regulado y exacto, lo que favorece el desarrollo óptimo de los cultivos. Al concentrar la aplicación de agua en la base de la planta, se convierte en una alternativa adecuada en áreas con escasez hídrica o en suelos de rápida infiltración. Además, al disminuir la evaporación y mantener niveles adecuados de humedad en el sustrato, el riego por goteo contribuye a generar condiciones favorables para la producción de cítricos de alta calidad (Aldana & Saavedra, 2021).

2.1.6.3. Factores afectados por el método de riego

Los factores afectados en la fruta por los diferentes métodos de riego se detallan a continuación:

- a. Contenido de azúcar y acidez: El riego desempeña un papel determinante en la regulación del contenido de azúcar y acidez en los cítricos, componentes esenciales de su calidad organoléptica y aceptación comercial. Una disponibilidad hídrica adecuada favorece la fotosíntesis y el transporte de azúcares hacia los frutos, promoviendo una mayor acumulación de sólidos solubles (principalmente sacarosa, glucosa y fructosa). Por el contrario, periodos de déficit hídrico pueden concentrar los azúcares por efecto de deshidratación del fruto, aunque a menudo reducen su tamaño y rendimiento total. De igual manera, la acidez determinada principalmente por los ácidos cítrico y málico tiende a disminuir con un manejo hídrico equilibrado, debido a una maduración más uniforme y a una mayor relación azúcar/ácido. En consecuencia, una programación racional del riego por aspersión permite mantener el equilibrio óptimo entre dulzura y acidez,

garantizando frutos con mejor sabor, mayor valor comercial y una calidad más consistente en el mercado (Lamo, 2015).

- b. Textura y firmeza de la fruta: La cantidad y frecuencia del riego afectan la textura de la fruta. Un riego excesivo puede llevar a frutas acuosas con menor firmeza, mientras que un riego insuficiente puede resultar en frutas secas o duras (Lamo, 2015).

En la zona de estudio se determinó un suelo franco arcillo arenoso, con capacidad de campo, 18.72% y una densidad aparente de 1.15g/cm³.

- c. Salud general del árbol: Un buen riego contribuye a la salud general de los árboles de cítricos, lo que se refleja en la calidad y consistencia de la fruta producida. La salud del árbol afecta la resistencia a enfermedades y plagas, que son factores cruciales para mantener la calidad de los cítricos (Lamo, 2015).

2.1.6.4. Sostenibilidad y productividad en la agricultura de cítricos bajo riego por aspersión

En la agricultura de cítricos, el riego por aspersión juega un papel fundamental no solo en la mejora de la productividad, sino también en la promoción de prácticas sostenibles. Esta sección se enfoca en explorar cómo el uso del riego por aspersión influye positivamente en estos dos aspectos cruciales (Huaylla Limachi, 2019).

- a. Eficiencia en el uso del agua: El riego por aspersión se caracteriza por su capacidad para distribuir el agua de manera uniforme y precisa, lo cual es especialmente beneficioso para los cítricos, que son sensibles a la variabilidad en la humedad. Esta eficiencia conduce a un uso más racional del agua, lo que es crucial en áreas donde este recurso es escaso (IICA, 2020).
- b. Aumento del rendimiento de los cultivos: La implementación del riego por aspersión ha demostrado aumentar significativamente el rendimiento de los cultivos de cítricos. Al proporcionar un suministro constante y adecuado de agua, se promueve un crecimiento más saludable y uniforme de los árboles y frutos (IICA, 2020).

2.1.7. Evaluación del sistema de riego

De acuerdo a la Junta de Andalucía (2010), la evaluación de un sistema de riego por aspersión es un proceso por el que se puede saber si la instalación y el manejo que se hace de ella reúnen las condiciones necesarias para aplicar los riegos adecuadamente, esto es, cubriendo las

necesidades del cultivo para la obtención de máximas producciones y al mismo tiempo minimizando las pérdidas de agua.

2.1.7.1. Evaluación de la uniformidad del riego

Para evaluar la uniformidad de un sistema de riego por aspersión el primer paso será elegir la zona a evaluar. Ésta deberá ser representativa del sistema en cuanto a características de los aspersores, marco de riego, número de boquillas y diámetro. También deberá tener una presión cercana a la media (lo que ocurre a un tercio del inicio de los ramales de aspersión, si no existe pendiente o es reducida) o a la mínima (lo que se produce al final de los ramales si la pendiente es nula o ascendente). De ser posible, se evaluarán ambas zonas (Junta de Andalucía, 2010).

2.1.7.2. Uniformidad de la zona evaluada

Antes de comenzar el riego, se colocará una red de vasos pluviométricos formando una malla de 3 x 3 metros entre dos ramales, que recogerán agua de 6 aspersores. Los vasos se instalarán sobre el suelo cuando el cultivo no altere la lluvia de los aspersores, y justo sobre el cultivo en caso contrario.

2.1.7.3. Uniformidad de la instalación

El caudal de cada aspersor cambiará con la presión. La diferencia de presiones en toda la unidad de riego será mayor que la existente entre los aspersores de los que se ha recogido el agua. Por esto, la uniformidad en el conjunto de la unidad de riego (UD) será por regla general menor que la medida en la zona evaluada (UD zona) (Junta de Andalucía, 2010).

2.1.7.4. Evaluación de las pérdidas por evaporación y arrastre del viento

En riego por aspersión existen dos factores que afectan negativamente a la aplicación de agua sobre el suelo: La evaporación de las gotas de agua que producen los aspersores y el arrastre de dichas gotas por efecto del viento. En las pérdidas por evaporación y arrastre del viento tiene gran importancia el tamaño de las gotas de agua que dan los aspersores y serán mayores cuanto más pequeñas sean las gotas y mayor sea el viento y la temperatura (Junta de Andalucía, 2010).

2.1.8. Producción de cítricos

2.1.8.1. Morfología de los cítricos

Lagos, Manrique, Valdivia, & Contreras (2015), señalan que el porte de las especies de los cítricos son árboles o arbustos, por lo general es de 6 a 10 metros con ramas poco vigorosas, algunas variedades casi tocan el suelo y de tronco corto conformada por las siguientes partes.

Raíces:

Es el órgano de la planta que típicamente está debajo del suelo y pueden ser raíces primarias y raíces secundarias. Las raíces principales, en número de tres, sujetan sólidamente el árbol al suelo desarrollándose hasta una profundidad 2 o 3 metros, sin embargo, mayor porcentaje del sistema radicular es superficial. Este papel de fijación de la raíz es importante, ya que los árboles adultos deben soportar la producción de sus frutos que pueden superar los 100 kg. por árbol Lagos, Manrique, Valdivia, & Contreras (Lagos, Manrique, Valdivia, & Contreras, 2015).

Hojas:

Las hojas pueden tener diversas formas, pero son mayormente elípticas, con margen generalmente entero y en algunas especies como el limón más o menos dentado.

Flores:

Se presentan aisladas o agrupadas en racimos de 5 pétalos en forma de copa, que pueden ser terminales o desarrollarse en las axilas de las hojas. Cada flor tiene un pedúnculo corto, desnudo, articulado y carnosos con su parte superior ensanchada lo que constituye el receptáculo. Los brotes son hojas que mayor cuajado y frutos dan.

Fruto:

El fruto de los cítricos es un hesperidio de tamaño y color variable con la especie y la variedad, al igual que su forma que puede ser oval, piriforme o esférica achatada o no. El fruto es el ovario fecundado de las plantas con flor, el interior del fruto está dividido por tabiques membranosos en gajos o segmentos con una pulpa formadas por vesículas de jugo de color también variable (verde, amarillo, anaranjado o rojo) en dependencia de la variedad al igual que el número de semillas que se presentan en dichos segmentos.

2.1.8.2. Requerimientos climáticos para el cultivo de cítricos

Clima:

Los cítricos especialmente la naranja se desarrolla adecuadamente a una gran diversidad de climas y de suelos, cultivándose desde los 35° de latitud norte hasta los 35° latitud sur. Las altitudes aptas para el cultivo de naranjas para jugo, oscilan entre los 500 y 1200 m s. n. m. La calidad de la fruta es mejor en zonas con temperaturas promedio mínima de 18°C y temperatura máxima de 28°C, con una temperatura media anual de 25.4 °C (Jiménez Acuña, 2015).

La cantidad de agua necesaria oscila entre 9000 m³ y 12000 m³ por hectárea por año, lo que equivale a una precipitación anual de 900 a 1200 mm, lo que equivale a 18 m³ y 24 m³ por árbol (Jiménez Acuña, 2015).

Brillo solar:

El promedio de brillo solar diario adecuado para el cultivo de cítricos es de 5.4 horas.

Humedad relativa:

El promedio anual de humedad relativa adecuada para el cultivo de cítricos es de 84.5%.

Suelo:

Las características ideales del suelo para el cultivo de cítricos son: profundidad efectiva del suelo y la textura, se entiende como la mayor profundidad a que penetran las raíces de los árboles, sin que encuentren obstáculos físicos que impidan su normal crecimiento y desarrollo. Se recomienda que la profundidad de los suelos dedicados al cultivo de los cítricos no sea inferior a 1m, aunque es conveniente que sea de 1,5 m. La textura ideal de los suelos para el cultivo de los cítricos está comprendida entre liviana y media (Jiménez Acuña, 2015).

2.1.8.3. Tendencias en la producción de cítricos

- a. Las tendencias en la producción de cítricos se han dado en muchos aspectos, tal como se describe a continuación:
- b. Aumento del Rendimiento: Una de las tendencias más significativas asociadas con el uso del riego por aspersión en la producción de cítricos es el aumento del rendimiento aproximadamente en un 30 a 50%. La distribución uniforme y controlada del agua

contribuye a un crecimiento más consistente y saludable de los árboles frutales (UNALM, 2015).

- c. Mejora de la Calidad del Fruto: Además del aumento de la cantidad, también se ha observado una mejora en la calidad de los cítricos. Esto incluye mejoras en el tamaño, el sabor y la consistencia de la fruta, atribuibles a la gestión óptima del agua y los nutrientes que ofrece el riego por aspersión (UNALM, 2015).

2.1.8.4. Variaciones observadas en la producción de cítricos

Se ha observado variaciones en la producción de cítricos, dado que no todas las variedades tienen el mismo efecto, tal es así que tenemos los siguientes:

- a. Diferencias regionales: Las variaciones en la eficacia del riego por aspersión para cítricos pueden ser significativas dependiendo de factores regionales como el tipo de suelo, la topografía y el clima. Por ejemplo, en áreas con alta evaporación, los beneficios del riego por aspersión pueden ser más notorios debido a que la planta pierde fácilmente agua por mayor evapotranspiración y esto se compensa con el riego por aspersión (UNALM, 2015).
- b. Respuesta de diferentes variedades de cítricos: Diferentes variedades de cítricos pueden responder de manera distinta al riego por aspersión. Mientras algunas variedades pueden mostrar una mejora significativa en el rendimiento y la calidad, otras pueden tener requerimientos específicos de agua que no son óptimamente atendidos por este método (UNALM, 2015).

2.2. Marco conceptual

2.2.1. Diámetro ecuatorial del fruto

El diámetro ecuatorial de un fruto es la medida de la máxima longitud que se puede obtener de un fruto, midiendo de manera perpendicular a su eje peduncular. Es decir se define como la máxima longitud rectilínea que se puede obtener de un fruto medido de manera perpendicular a su eje peduncular y el diámetro polar como la máxima longitud rectilínea que se obtiene al medir desde el pedúnculo hasta el ápice del fruto (Monge Pérez & Loría-Coto, 2020).

2.2.2. Velocidad del viento

La velocidad y dirección del viento (W) son variables meteorológicas fundamentales que tienen un gran impacto en la distribución de agua de riego por aspersión. Estos parámetros son significativos en el transporte del agua por el viento y en las pérdidas debidas a la evaporación. (Lagos, Manrique, Valdivia, & Contreras, 2015).

En condiciones de viento, la distribución de agua de un aspersor se ve alterada, lo que resulta en una disminución en la cantidad de agua aplicada. Esta pérdida de agua puede ocurrir parcialmente debido a la evaporación, principalmente causada por el arrastre fuera de la zona de riego. La consecuencia de estos problemas podría ser un exceso o deficiencia en el riego de los jardines. (Laserna Arcas, Montero Martinez, Sheikhesmaeili, & Alcazar Bascuñana, 2016).

2.2.3. Coeficiente de uniformidad (CU)

Este indicador definido por Christiansen es uno de los más empleados en la evaluación de parcelas con sistemas de riego por aspersión. Se define como:

$$CU(\%) = 100 \left(1 - \frac{\sum_{i=1}^n |x_i - m|}{n \cdot x} \right)$$

Donde:

CU : Coeficiente de uniformidad (%)

x_i : Altura de agua medida en cada uno de los recipientes de la parcela (mm)

m : Medida de la altura de agua de todos los recipientes (mm)

n : Número de recipientes

Al analizar los valores de este indicador, resulta necesario considerar ciertos aspectos. En primer lugar, el uso del valor absoluto en la fórmula asigna la misma relevancia tanto al déficit como al exceso de riego. De este modo, las desviaciones respecto a la media, ya sean positivas o negativas, se expresan en términos de variación sin atender a su dirección, lo que limita la posibilidad de distinguir si existe una sobreaplicación o una carencia de agua dentro del sistema de riego. En segundo lugar, el coeficiente de uniformidad constituye una medida que contrasta la discrepancia absoluta del valor obtenido con la media de la aplicación.

En la tabla 7, se presenta la clasificación del coeficiente de uniformidad donde señala que un valor de 90 a 100% se clasifica como excelente, valores de 80 a 90% y 70 a 80% son buenos y aceptable respectivamente, y valores menores de 70% es inaceptable.

El coeficiente de uniformidad en un sistema de riego se entiende como un indicador cuantitativo que permite medir el grado de eficiencia alcanzado en la distribución del agua. Sin embargo, la información disponible no especifica con detalle las áreas afectadas ni la magnitud del problema asociado.

2.2.4. Uniformidad de distribución (UD)

La uniformidad de distribución se evalúa que tan uniformemente se distribuye el agua en la zona más desfavorecida, es decir, donde hay menor precipitación. Es más crítico cuando se trata de asegurar que toda el área reciba al menos una cantidad mínima de agua, para el cálculo se utiliza solo el 25 % de los valores más bajos de precipitación. De acuerdo a Tarjuelo (1991), se tiene la siguiente fórmula:

$$UD = \frac{\bar{x}_{bajo}}{\bar{x}_{total}} * 100$$

Donde:

UD : Uniformidad de distribución (%).

$\bar{x}_{bajo}$: Promedio del 25% de valores en mm.

$\bar{x}_{total}$: Promedio de total de valores evaluados mm.

Cabe señalar que el coeficiente (CU) mide la homogeneidad global de la aplicación de agua, sin distinguir excesos ni déficits, mientras que la Uniformidad de distribución (UD) es un indicador de carácter agronómico y práctico, que enfatiza las áreas con menor dotación de agua, siendo más útil para evaluar el impacto en el rendimiento del cultivo.

2.2.5. Pérdida de agua

En el sistema de riego por aspersión, las pérdidas de agua ocurren principalmente debido a la evaporación y la percolación, mientras que la escorrentía suele ser de poca importancia. Las pérdidas causadas por evaporación están condicionadas por varios factores, tales como la

temperatura, la humedad relativa, la velocidad del viento y el tamaño de las gotas. (Vasquez, et al, 2017).

2.2.6. Caudal

Se refiere a la cantidad de agua que atraviesa un lugar o punto específico, ya sea un canal, acequia, río, entre otros, durante un tiempo específico. En otras palabras, equivale a un volumen de agua por cada unidad de tiempo (Vasquez, et al, 2017).

2.2.7. Cámaras rompe presión

Las presiones muy altas que con frecuencia se dan en las tuberías que se instalan en las laderas, debidas a una gran diferencia de altura con relación a la captación del agua o entre dos puntos específicos en la red de conducción, pueden causar debilitamiento y rotura de tuberías. Además, que ello hace más difícil el manejo del agua. Para controlar las presiones excesivas y disminuir los costos por pago de tuberías de alta resistencia, los sistemas de riego en ladera deben disponer de las correspondientes cámaras rompe presión ubicadas en los sitios necesarios. Las cámaras rompen presión consisten en tanques abiertos, en los que el agua pierde su presión al volver a estar en contacto con el aire. (Vasquez, et al, 2017).

2.2.8. Gestión del sistema de riego

La administración del agua se refiere a la interacción social de varios participantes utilizando distintos métodos, recursos y estrategias; en torno a actividades de uso y distribución del agua; ocurriendo en un sistema sociotécnico específico que comprende un conjunto de espacios de interacción que poseen una dimensión espacial representada por los niveles sociales hidráulicos del sistema de riego, y una dimensión temporal relacionada con el ciclo agroecológico y el ritmo de la distribución de agua. (Vasquez, et al, 2017).

2.2.9. Presión y caudal

La eficiencia del riego por aspersión depende en gran medida de la presión y el caudal del sistema. Cahua (2020), destaca que una presión inadecuada puede llevar a una distribución desigual del agua y una mayor evaporación. Por otro lado, un caudal excesivo puede causar erosión y escorrentía.

2.2.10. Eficiencia en el uso del agua

La optimización del uso del agua es fundamental en la agricultura, dada su sensibilidad al estrés hídrico. Según Thompson et al. (2022), este tipo de sistema de riego debe de ser planteado con el objetivo de lograr la máxima eficiencia de agua considerando la mitigación de las pérdidas y asegurando que gran cantidad de agua dotada al terreno sea eficiente en la parcela de producción mejorando de esta manera el proceso de cultivo de frutos.

2.2.11. Evapotranspiración potencial (ETP)

La evapotranspiración definido por Thornthwaite (1948), se define como la máxima cantidad de agua que puede evaporarse desde un suelo completamente cubierto de vegetación, que se desarrolla en óptimas condiciones y sin limitaciones en la disponibilidad de agua. Según esta definición, la magnitud de la ETP está regulada solamente por las condiciones meteorológicas o climáticas.

2.2.12. Infiltración básica

La infiltración básica es la velocidad a la que el agua penetra en el suelo en condiciones de equilibrio. Es un dato importante para el diseño y manejo de los métodos de riego.

- La infiltración es el proceso por el cual el agua de lluvia o de riego penetra en el suelo.
- La tasa de infiltración es la velocidad a la que el suelo absorbe la precipitación o la irrigación.
- La infiltración de agua en el suelo puede afectar el riego, el drenaje, el movimiento de agua en la zona radicular, el transporte de solutos.

La velocidad de infiltración (I) tiende a hacerse constante en el tiempo. Esa velocidad se denomina “Infiltración básica” (Ib). Este dato es importante para diseño y manejo de algunos métodos de riego, como goteo, microaspersión o aspersión.

2.2.13. Planificación de riego

Se ha contribuido escasamente o prácticamente nada, dado que existe una gran separación entre el Estado y las unidades de población básicas. En cambio, existe un intermediario que supuestamente debe disminuir esa separación entre el proceso de planificación y las unidades productivas específicas. Es el especialista, o sea, se ubica en la visión tecnocrática.

2.2.14. Punto de marchitez permanente

Brady & Weil (2015), indica, que el PMP corresponde a la humedad mínima retenida en el suelo con una tensión aproximada de -15 bares (-1500 kPa), valor de succión a partir del cual las raíces no logran vencer la fuerza con la que el agua está retenida en las partículas del suelo.

2.2.15. Capacidad de campo

Brady & Weil (2015), indica, que la capacidad de campo es el contenido de humedad máximo que un suelo puede retener contra la fuerza de la gravedad, cuando el drenaje libre ya ha cesado y las macro porosidades están vacías, pero los microporos aún se encuentran llenos de agua disponible para las plantas.

2.2.16. Textura del suelo

Brady & Weil (2015), indica, que la textura del suelo es la descripción cuantitativa de la fracción mineral según el tamaño de las partículas, clasificadas como arena (2,0–0,05 mm), limo (0,05–0,002 mm) y arcilla (<0,002 mm).

2.3. Antecedentes empíricos de la investigación

2.3.1. Antecedentes internacionales

En la tesis titulada "Evaluación, mejora y ampliación del sistema de riego por aspersión Miraflores de la parroquia Juan Montalvo, Cantón Cayambe", investigación realizada en Quito Ecuador, en la que se llevó a cabo un estudio con el propósito de evaluar, mejorar y ampliar el sistema de riego por aspersión en Miraflores, ubicado en la parroquia Juan Montalvo, Cantón Cayambe. El enfoque metodológico utilizado fue no experimental. En las conclusiones de la investigación se destaca que la red de distribución ha sido diseñada considerando un rango de

velocidades máximo y mínimo para el flujo a través de las tuberías de PVC, con el fin de prevenir la sedimentación de partículas de arena o limo en su interior. El diseño de la red de distribución de agua asegura una distribución uniforme en todas las parcelas, respetando las condiciones de uniformidad de Christiansen en la entrega del caudal a nivel parcelario (Aguirre Sedamanos, 2012).

Sornoza Choez (2022), en su investigación titulada “Efecto de tres frecuencias de riego en el desarrollo morfo-fenotípico en el cultivo de limón (*Citrus limón* L. Burm. f.), realizada en Manabí, Ecuador, aplicó un diseño de bloques completamente al azar con tres tratamientos, correspondientes a frecuencias de riego cada 15, 30 y 45 días, además de tres repeticiones. Los resultados obtenidos indicaron que las frecuencias de riego evaluadas no mostraron diferencias estadísticas significativas entre sí.

Santana Ponce (2020), en su investigación titulada “Efecto de cuatro láminas de riego en la producción de limón sutil (*Citrus aurantifolia*) en el sector de La Ponga, parroquia Colonche, provincia de Santa Elena”, realizada en La Libertad, Ecuador, aplicó un diseño de bloques completamente al azar con cuatro tratamientos y tres repeticiones. El autor concluyó que la lámina de riego correspondiente al tratamiento T4, equivalente al 120 % de la evapotranspiración, resultó ser la más eficiente, alcanzando un rendimiento de 2987,50 kg/ha con un volumen de agua aplicada de 2060,10 m³ durante el periodo experimental. En contraste, el tratamiento T3, utilizado como testigo con riego por goteo al 100 % de la evapotranspiración, registró un rendimiento de 2390,80 kg/ha con una aplicación de 1716,75 m³/ha bajo las mismas condiciones agroclimáticas de la zona.

La tesis titulada "Evaluación del sistema de riego por aspersión en el Centro Nacional de Investigación Agropecuaria y Biotecnología" realizada en Managua, Nicaragua, tuvo como objetivo evaluar la eficiencia del sistema de riego por aspersión en dicho centro, con el fin de mejorar la aplicación del agua de riego. Se utilizó una metodología descriptiva no experimental. En la conclusión del estudio, se encontró que al comparar el caudal promedio a partir de la lámina promedio aplicada con el valor promedio medido en los aspersores, se obtuvo una Eficiencia de Aplicación (Ea) del 40.81%, lo cual indica un riego deficiente. Esto se debe a que la cantidad de agua recibida en los pluviómetros es menor que la cantidad de agua emitida por los aspersores. Además, se determinó un coeficiente de Uniformidad del 81.52% según el método de Christiansen, lo cual se considera aceptable (Gutierrez Peralta & Diaz Huete, 2016).

2.3.2. Antecedentes nacionales

En la investigación titulada "Evaluación del sistema de riego por aspersión Huancasayani Ñacoreque y su relación con la producción agrícola en Cuyocuyo – Sandia", se planteó como objetivo evaluar el rendimiento del sistema de riego por aspersión Huancasayani Ñacoreque en cuanto al uso eficiente del agua y su impacto en la producción agrícola en el distrito de Cuyocuyo, Provincia de Sandía. El diseño de la investigación fue no experimental y en las conclusiones se determinó la eficiencia del riego mediante dos evaluaciones. Se observó que el sistema de riego muestra mejores condiciones de aprovechamiento del agua en las primeras horas de la mañana, con un coeficiente de uniformidad del 77,9 % y una eficiencia de aplicación del 70,7 %. Estos valores se consideran aceptables según Cahua Villasante (2020).

En la tesis titulada "Distribución uniforme del agua de riego para distintas condiciones de viento y tipos de aspersores en áreas verdes - UNALM", se llevó a cabo una evaluación de la uniformidad de la distribución del agua de riego considerando diversas velocidades de viento y tipos de aspersores en las áreas verdes de la UNALM mediante un diseño experimental. En la conclusión del estudio se destaca que la uniformidad del riego se ve influenciada por la presencia de viento, por lo que se recomienda realizar el riego en el intervalo horario de 7:00 p.m. a 6:30 a.m., momento en el cual la velocidad promedio del viento tiende a ser de 0 m/s. Se recomienda sustituir los difusores en los jardines por un sistema de riego por goteo subterráneo, especialmente en casos de áreas con formas irregulares o dimensiones reducidas. En el estadio, es necesario reconsiderar el diseño con el fin de aumentar la densidad de usuarios (Alejos Ascencio, 2018).

2.3.3. Antecedentes locales

En la investigación titulada "Determinación del coeficiente de uniformidad del sistema de riego por aspersión en el cultivo de naranja (*Citrus sinensis*) en el área de San Pedro - Calera", se planteó como objetivo determinar el coeficiente de uniformidad del riego por aspersión en los cultivos de cítricos en la zona de San Pedro - Calera. El estudio, que se llevó a cabo con un diseño experimental, concluye que las parcelas C1 y C2 presentaron coeficientes de uniformidad satisfactorios. En la parcela S1, se ha determinado que la instalación de dos aspersores del modelo VIR 70 es adecuada, siendo suficiente únicamente el primer aspersor. El ensayo N° 05 y 06

demuestra que el coeficiente de uniformidad con dos aspersores VYR 70 es adecuada, con valores de 78.6% y 85.9% (Olarte Bautista, 2009).

Olarte (2009), en su trabajo de investigación intitulado Determinación del coeficiente de uniformidad del Sistema de Riego por Aspersión en el Cultivo de naranjo el Sector de San Pedro-Caldera, distrito de Santa Ana, determinó: que el coeficiente de uniformidad es variado utilizando un solo tipo de aspersor que en 21 pruebas presenta un coeficiente de uniformidad que fluctúa de 19% a 86% presentando un promedio de 52%.

En la tesis titulada "Evaluación de uniformidad y eficiencia de riego en tres módulos de riego por aspersión en el cultivo del cacao, en el área de Maranniyoc - Echarati", se busca evaluar la uniformidad y eficacia de riego de tres módulos de riego por aspersión en el cultivo del cacao, en el área de Maranniyoc - Echarati, utilizando un diseño experimental. En su conclusión, señala, que la eficiencia de aplicación del modelo de aspersor VYR 35 es superior con un promedio del 38.44 %, superando a los modelos de aspersor VYR 37 y VYR 70 que muestran promedios del 29.16 % y 30.51 % respectivamente (Velasco Sequeiros, 2013).

Cárdenas (2009), en su trabajo de investigación intitulado Evaluación de la Uniformidad de Aplicación de Riego en cinco modelos de aspersores en el cultivo de naranjo proyecto Pampa Concepción, distrito de Echarati, determinó: que el coeficiente de la uniformidad de distribución, al evaluar los 5 modelos de aspersores el modelo de aspersor VYR 65, presenta mayor coeficiente de uniformidad con un promedio de 79%.

Salazar (2013), en su tesis "Evaluación Técnica de la Eficiencia de Riego en el Sistema de Irrigación Aguilayoc en los distritos de Echarati - Santa Ana – La convención- cusca." Determino la eficiencia de Aplicación para el riego por Aspersión alcanza una eficiencia del 83% por lo que se concluye. que existe una eficiencia de aplicación alta.

En la investigación titulada: "Evaluación técnica y económica de la instalación de Riego tecnificado en la comunidad de Sambaray Alto, Centro, Margaritayoc e Isilluvoc, Distrito de Santa Ana, provincia La Convención, se obtuvo resultados En la evaluación realizada en el sistema de riego se obtuvo lo siguiente resultados para los cuatro sectores Se determinó un coeficiente de uniformidad de 72% y 64%; 61% y 72%; 68 y 62%; 60% y 60% respectivamente, con una eficiencia de aplicación de 83.27% y 86.73%; 86.16% y 86.25%; 80.97% y 80.47%; 86.24% y

85.95% siendo considerados aceptables, puesto que se mantienen por encima del 80%, sin embargo en el Expediente Técnico no fueron considerados estos datos y en cuanto al costo beneficio del proyecto los resultados obtenidos en los indicadores económicos se observa que el proyecto analizado tiene menos rentabilidad que el proyecto alternativo, de acuerdo al expediente técnico por cada sol invertido tiene una ganancia de s/ 2.14, según el trabajo realizado es de S/ 0.92 a precios sociales (Coloma & Camacho Coloma, 2015).

CAPÍTULO III: HIPÓTESIS Y VARIABLES

3.1. Hipótesis

a. Hipótesis general:

Existe una correlación positiva significativa entre el riego por aspersión y la producción de cítricos en la cuenca del Río Mándor en la Provincia de La Convención – Cusco, 2021.

b. Hipótesis específicas

- El desempeño hidráulico del sistema de riego por aspersión presenta una relación significativa con la producción de cítricos en la cuenca del río Mándor, provincia de La Convención – Cusco, 2021.
- La aplicación de riego por aspersión influye de manera positiva en el grado de producción de cítricos en la cuenca del río Mándor, provincia de La Convención – Cusco, 2021.
- Los factores climáticos y agronómicos asociados al riego por aspersión se relacionan de manera significativa con la producción de cítricos en la cuenca del río Mándor, provincia de La Convención – Cusco, 2021.

3.2. Identificación de variables e indicadores

Variable dependiente: Producción de cítricos.

Variable independiente: Riego por aspersión.

3.3. Operacionalización de variables

Tabla 3

Operacionalización de variables

Variable	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensiones	Definición de las dimensiones	Indicadores
Var. : Independiente Riego por aspersión	Es un método de riego utilizado que implica la aplicación de agua de manera que simule la lluvia, es decir a través de un chorro de agua pulverizada en gotas (Santacruz & Santacruz, 2020).	El riego por aspersión es un método de irrigación que se basa en la aplicación de agua a presión de manera uniforme, con el propósito de lograr la infiltración en el área donde las gotas caen (Caicedo & Balmaseda, 2015) .	<u>Desempeño hidráulico</u>	Caicedo & Balmaseda (2015), La influencia de la presión de operación en sistemas de aspersión se evalúa para determinar su impacto en la uniformidad del riego, considerando tanto el funcionamiento hidráulico como la calidad del riego.	• Caudal descargado (l/seg). • Promedio de presiones (bar). • Coeficiente de uniformidad de Christiansen (CUC). • Uniformidad de distribución (UD). • Área regada (m²). • Eficiencia de aplicación (%).
Var.: Dependiente Producción de cítricos	Valencia & Duana (2019), La producción de cítricos se orienta a la creación de frutos de cítricos que satisfaga la demanda de la población, a través de sus medios de trabajo, medio físico y biológico para obtener frutos.	Los cítricos, producidos en la cuenca del Río Mándor, no presentan requisitos muy exigentes en cuanto al tipo de suelo, aunque su desarrollo es óptimo en suelos bien drenados y ligeramente ácidos. De acuerdo con la especie de la planta se generan distintos tipos de frutos, ya sean agrios o agri dulces. .	<u>Producción</u> <u>Factores climáticos</u> <u>Factores agronómicos</u>	Aldana & Saavedra (2021), La producción mensual/anual de los productos a evaluar se realizan a través de series de tiempo. Estas, mediciones se realizan mediante el peso de la producción y la medición de frutos. Las variaciones climáticas afectan la floración, desarrollo de las flores, la brotación, crecimiento, la calidad interna y externa de los frutos del cultivo de cítricos. Los factores agronómicos son los elementos que tienen influencia en la producción de cítricos (suelo, clima, el agua, etc). Estos factores determinan la elección de las variedades de cultivos que se implantarán en un predio.	• Peso del fruto (kg). • Diámetro ecuatorial de fruto (mm). • Temperatura (°C). • Precipitación (mm). • Velocidad de viento (m/s). • Humedad relativa (%). • Evapotranspiración (mm/día). • Capacidad de campo (%). • Punto de marchitez permanente (%). • Infiltración del suelo (mm/h).

Fuente: Elaboración propia.

CAPÍTULO IV: METODOLOGÍA

4.1. Ubicación política

El estudio se llevó a cabo en el sector de Mándor, perteneciente al distrito de Maranura, en la Provincia de La Convención, región Cusco – Perú. Políticamente, esta zona se encuentra delimitada dentro de la jurisdicción distrital de Maranura, cuya administración local ejerce competencias en materia de desarrollo agrario y gestión de recursos hídricos. En la figura 2, se detalla la ubicación geográfica de la zona de estudio

El sector de Mándor se caracteriza por presentar condiciones agroecológicas favorables para el cultivo de cítricos, siendo una zona representativa para la evaluación de la influencia del riego por aspersión en la producción agrícola. La elección de este espacio responde a la presencia de módulos de riego instalados y a la disponibilidad de parcelas con y sin riego parcelario.

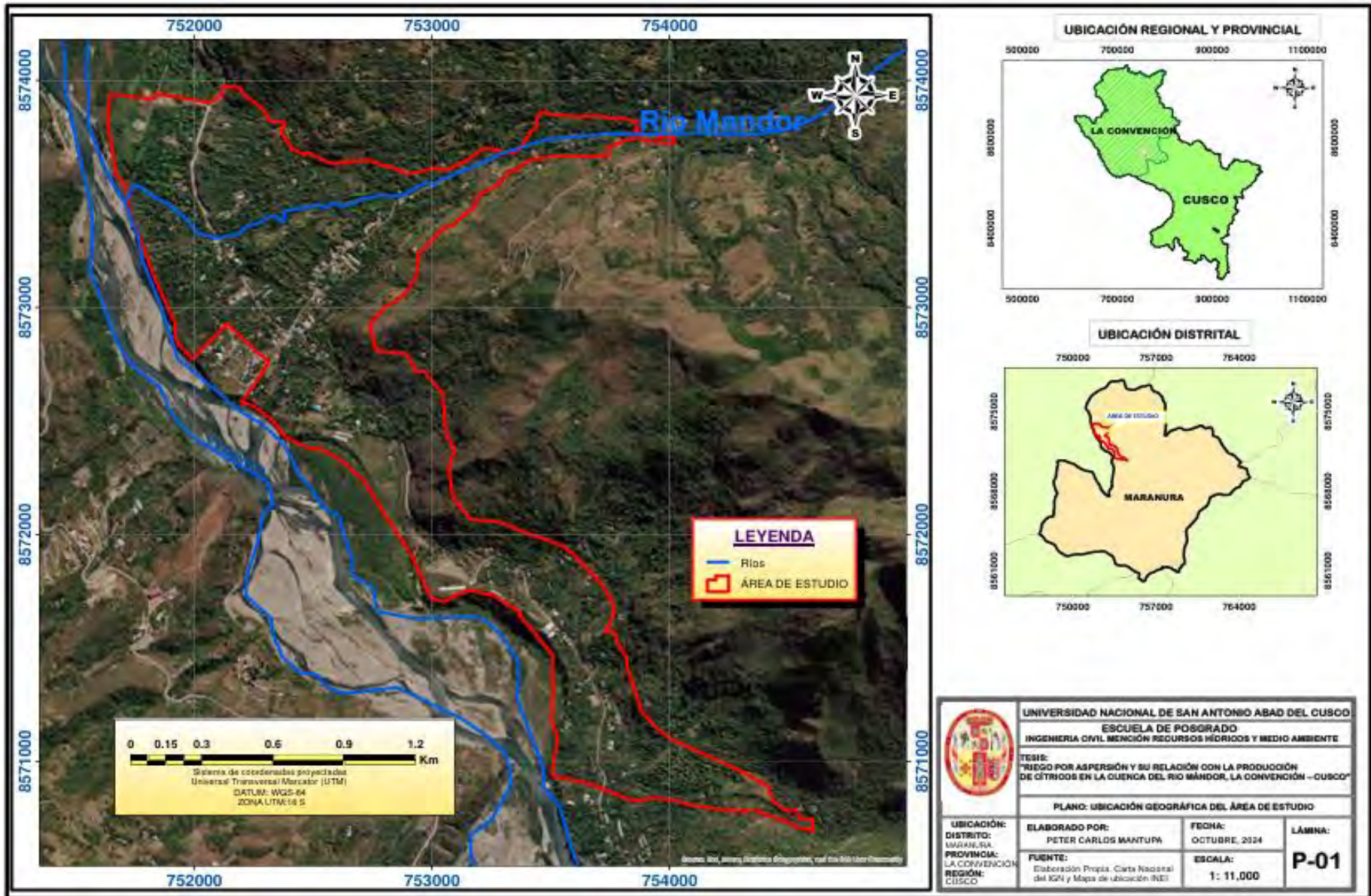
4.1.1. Ubicación hidrográfica

Altitud	: 1,200 a 1,400 msnm.
Cuenca	: Río Mándor.
Subcuenca	: Río Mándor.

4.1.2. Ubicación temporal

La investigación se inició en el mes de julio del año 2023 y culminó en diciembre del año 2024, abarcando un período aproximado de dieciocho meses de trabajo continuo. Durante este periodo de tiempo se desarrollaron las diferentes fases metodológicas, que incluyeron la revisión bibliográfica, diseño y recolección de datos en campo, así como el procesamiento estadístico.

Figura 2. Ubicación geográfica del área de estudio



4.2. Tipo y nivel de investigación

La investigación se desarrolló bajo un enfoque cuantitativo, con un diseño no experimental de tipo correlacional y transversal. Se consideró cuantitativo porque se fundamentó en la recolección y análisis de datos numéricos con el propósito de medir y describir fenómenos observables, los cuales posteriormente fueron sometidos a pruebas estadísticas para contrastar las hipótesis planteadas.

No se manipularon las variables de estudio, sino que éstas se observaron en su contexto natural. Se clasificó como correlacional porque determinó el grado de relación existente entre las variables independientes y dependientes.

4.3. Unidad de análisis

La unidad de análisis fueron las parcelas establecidas con cultivo de cítricos implementadas con riego, que fueron en la ejecución del proyecto de inversión pública ejecutado por el gobierno local del distrito de Maranura denominado “Mejoramiento del sistema de riego en los sectores Mandor Bajo y Rosaspata Balsapampa, distrito de Maranura - La Convención – Cusco” con el propósito de mejorar la eficiencia en el uso del recurso hídrico y fortalecer la producción agrícola de cítricos, cabe señalar que en dicho proyecto fueron implementados a 70 beneficiarios activos con igual número aproximado de hectáreas. Por otro lado se observaron un total de 12 parcelas que no cuentan con hidrantes en la zona de estudio.

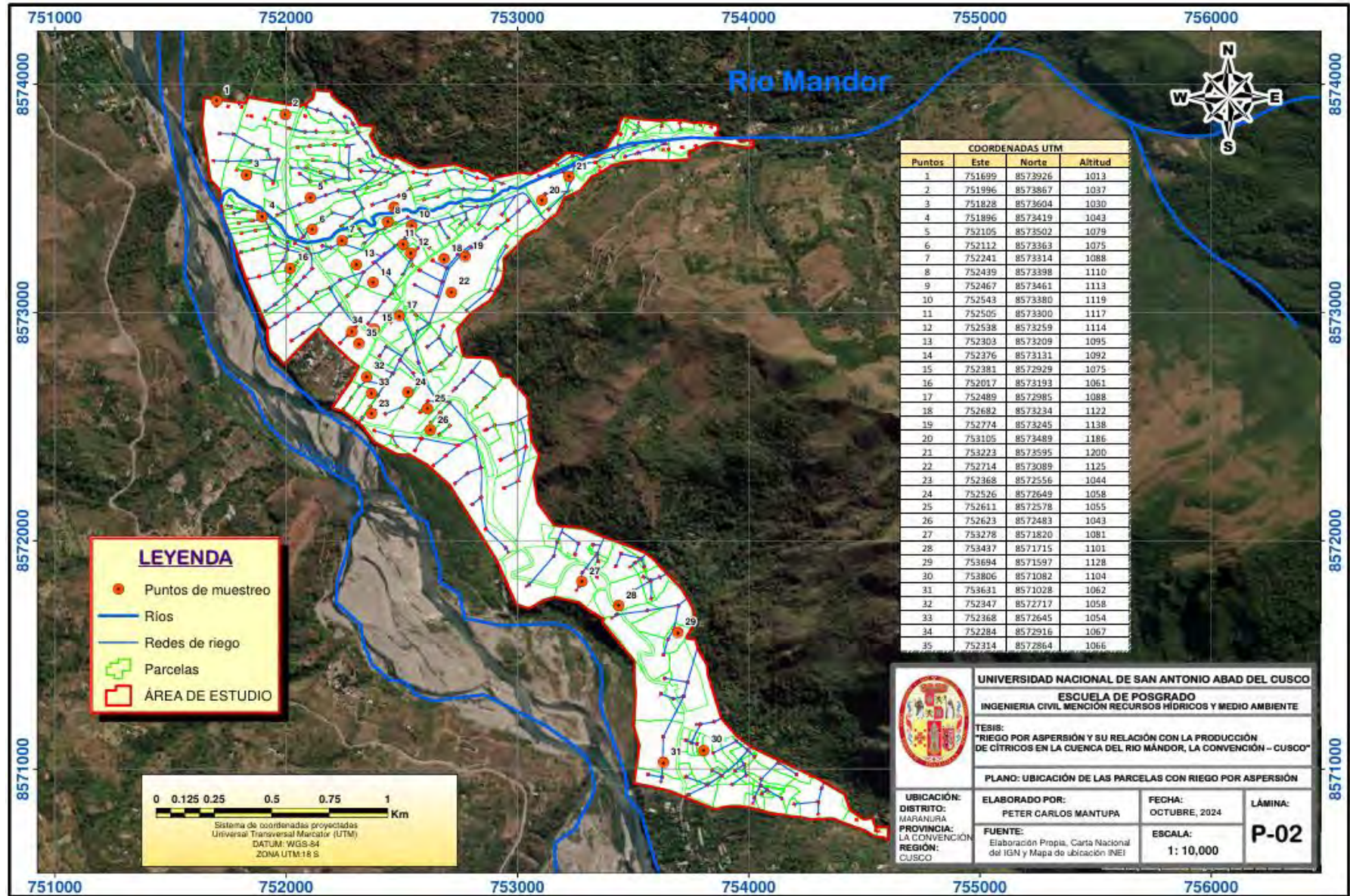
4.4. Población de estudio

Para el desarrollo de la investigación se consideraron dos poblaciones claramente diferenciadas, en función de la disponibilidad o ausencia de riego parcelario, las cuales se detallan a continuación:

a. Población de parcelas con riego

En la visita realizada a la zona de estudio se pudo verificar una población en estudio conformada por 70 parcelas con riego en funcionamiento, equivalentes al mismo número de beneficiarios del proyecto de riego tecnificado. En la figura 3 se muestra la ubicación de las parcelas con riego.

Figura 3. Ubicación de las parcelas con riego parcelario



b. Poblacion de parcelas sin riego

En cuanto a la población de parcelas que no contaban con sistemas de riego por aspersión, en la zona de estudio se identificaron un total de 12 parcelas sin hidrantes pertenecientes a productores que trabajan bajo condiciones de secano. Esta población resultó de gran importancia para el análisis comparativo, ya que permitió establecer diferencias en términos de rendimiento y productividad respecto a las parcelas beneficiadas con riego parcelario.

4.5. Tamaño de muestra

Para la determinación del tamaño de muestra se tomo en cuenta las dos poblaciones en estudio, como son los beneficiarios con las parcelas que cuentan con riego parcelario y beneficiarios con parcelas que no cuentan con riego, tal como se detalla a continuación:

a. Tamaño de muestra de parcelas con riego

Tabla 4.

Proyecto de Inversión de Riego

Código Único de Inversiones	Proyecto	Nº de parcelas
142506	“Mejoramiento y ampliación del sistema de riego en los sectores de Mándor, Rosaspata-Balsapampa Chico, Manahuañunca Baja, distrito de Maranura – La Convención – Cusco”	70
Total		70

Fuente: Municipalidad distrital de Maranura.

Tamaño de muestra:

Para la determinación del tamaño de la muestra finita se empleó la fórmula estadística propuesta por William Cochran (1977):

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

Donde:

n= Muestra

a = Valor correspondiente al nivel de confianza (1.65 para un 90% de confianza).

$N= 70$

$p= 0.50$

$q= 0.50$

$E= 0.10$

Reemplazando:

$$n = 35 \text{ parcelas con riego}$$

De esta manera, la muestra estuvo conformada por 35 beneficiarios que cuentan con riego parcelario (parcelas con módulos de riego por aspersión).

b. Tamaño de muestra de parcelas sin riego

De igual manera, para determinar el tamaño de la muestra correspondiente a las parcelas que no cuentan con riego parcelario, se aplicó la fórmula estadística previamente señalada, obteniéndose un total de 10 parcelas sin riego, dichas parcelas indentificadas sin riego por aspersión se encuentran dentro de la cuenca del Rio Mandor (ver anexo).

$$n=10 \text{ parcelas sin riego}$$

4.6. Técnicas de selección de muestra

El estudio empleó un muestreo no probabilístico por conveniencia, el cual se caracterizó por la selección de los elementos de la muestra en función de su accesibilidad, disponibilidad y disposición al momento de la recolección de los datos.

Este tipo de muestreo fue aplicado debido a que no todos los integrantes de la población tuvieron la misma probabilidad de ser seleccionados; en su lugar, se priorizó la inclusión de aquellos beneficiarios que se encontraron más próximos y dispuestos a participar en el proceso de investigación.

La elección de esta técnica respondió a criterios de viabilidad y factibilidad, considerando las limitaciones de tiempo, recursos y logística en el trabajo de campo. De esta manera, la muestra quedó conformada por las parcelas y beneficiarios que permitieron obtener información representativa para los objetivos de la investigación, especialmente en lo referido a la comparación entre productores con riego parcelario por aspersión y aquellos sin acceso a este sistema.

Si bien este método no garantizó una representatividad estadística absoluta de la población, permitió acceder de manera eficiente a los datos necesarios para establecer la relación entre la instalación del riego parcelario y la producción de cítricos en la cuenca del río Mándor.

4.7. Técnicas de recolección de información

a) Técnicas

- ✓ Recopilación bibliográfica.
- ✓ Encuestas a beneficiarios.
- ✓ Visitas a riegos parcelarios.
- ✓ Toma de imágenes.
- ✓ Observación.

b) Materiales

- ✓ Aspersores.
- ✓ Manómetro.
- ✓ Probetas.
- ✓ Cronometro.
- ✓ Hoja de registro.
- ✓ GPS.
- ✓ Wincha de 5 y 50 metros.
- ✓ Cámara fotográfica.
- ✓ Vasos pluviométricos.
- ✓ Mangueras.
- ✓ Balde de 18 litros.
- ✓ Plásticos.
- ✓ Infiltrómetro de doble cilindro.
- ✓ Nivel de mano.
- ✓ Vernier electrónico.
- ✓ Balanza gramera.
- ✓ Herramientas manuales.

4.8. Metodología utilizada para cumplimiento de objetivos

4.8.1. Metodología utilizada para el objetivo específico 01

Para cumplir el objetivo 01 “Determinar el desempeño hidráulico del riego por aspersión en la producción de cítricos” se realizó el cálculo de los indicadores del desempeño hidráulico y la aplicación de las encuestas a los usuarios del sistema de riego, lo cual se detalla a continuación:

4.8.1.1. Cálculo del Caudal descargado

La determinación del caudal descargado de los aspersores se efectuó mediante un procedimiento de medición directa en campo. Para ello, se seleccionó un aspersor representativo del sistema de riego, verificando previamente su funcionamiento bajo condiciones normales de presión y sin presentar fugas en la conducción. Posteriormente, se retiró la boquilla del aspersor y se acopló una manguera de derivación que permitió conducir el flujo hacia un recipiente volumétrico calibrado (balde aforado), tal como se muestra en la figura 4.

El tiempo de de llenado se registró con un reloj digital, anotando el tiempo exacto de llenado del balde de 20 litros. Este procedimiento se repitió tres veces con la finalidad de reducir errores aleatorios y obtener un promedio confiable. Con los datos registrados se calculó el caudal mediante la siguiente expresión:

$$Q = \frac{V}{t}$$

Donde: Q= corresponde al caudal del aspersor (l/s), V= volumen de agua colectado (l) y t= tiempo de llenado. Finalmente, los valores obtenidos fueron promediados y contrastados con el caudal nominal proporcionado por el fabricante, con el propósito de verificar la eficiencia operativa de los equipos y disponer de información precisa para la evaluación de la uniformidad de aplicación del sistema de riego.

Figura 4.

Medición del tiempo del caudal caudal descargado



4.8.1.2. Determinación de la presión en los aspersores

La determinación de la presión en los aspersores del sistema de riego parcelario se efectuó mediante la instalación de un manómetro de glicerina con escala de 0–60 psi y precisión de $\pm 0,5$ psi. Para ello, se seleccionó un aspersor representativo dentro de la parcela, ubicado en la zona media de la red de distribución, con el fin de reflejar condiciones promedio del sistema. Posteriormente, se acopló el manómetro en la parte inferior de la boquilla, utilizando una conexión tipo “T” que permitió registrar la presión sin interrumpir el funcionamiento normal del emisor.

Las lecturas de presión se registraron en tres momentos consecutivos, cada uno con un intervalo de 30 segundos, a fin de reducir la variabilidad de los datos. Una vez obtenidos los valores, se calculó el promedio aritmético mediante la siguiente expresión:

$$P_{prom} = \frac{\sum_{i=1}^n P_i}{n}$$

donde:

P_{prom} = presión promedio (psi)

$\sum P_i$ = suma de las presiones registradas

n = número de repeticiones

El valor promedio se comparó con la presión nominal recomendada por el fabricante, a fin de verificar la adecuada operación hidráulica del sistema. Esta metodología permitió determinar si las condiciones de presión en campo eran las apropiadas para asegurar la uniformidad y eficiencia en la aplicación del riego. En la figura 5 se presenta la lectura del valor de la presión del aspersor.

Figura 5.

Medición de la presión en los aspersores



4.8.1.3. Determinación del Coeficiente de uniformidad de Christiansen (CU)

La evaluación de la uniformidad de distribución del riego por aspersión se llevó a cabo mediante el método de los pluviómetros, siguiendo las recomendaciones de la FAO (1980) y de Merriam y Keller (1978). Para ello, se seleccionó aspersores representativos en la parcela, operando bajo condiciones normales de caudal y presión. Alrededor de este emisor se colocó una cuadrícula de pluviómetros (recipientes plásticos cilíndricos calibrados) distribuidos radialmente a diferentes distancias y ángulos, cubriendo el área de mojado generada por el aspersor.

En el presente trabajo de investigación se llevó a cabo la evaluación del coeficiente de uniformidad de los aspersores tipo VYR 35, VYR 70 y KA 30, (ver figura 7) los cuales se encontraban instalados en las parcelas con cultivo de cítricos. Para dicha evaluación se emplearon pluviómetros con un diámetro de 10.5 cm, colocándose un total de 24 unidades en cada parcela, con distanciamientos de 3 a 2 metros de cada pluviómetros (ver figura 8), cuya distribución fue en cada aspersor en funcionamiento forma de una cruz (ver figura 6).

El tiempo total de evaluación osciló entre 2 y 3 horas por parcela, llegando a completarse un total de 35 parcelas evaluadas durante todo el proceso. Para la toma de datos se utilizó una probeta graduada y un cronómetro, lo cual permitió registrar con precisión los volúmenes de agua recolectados en cada pluviómetro y los intervalos de tiempo correspondientes, a fin de proceder con los cálculos del coeficiente de uniformidad, uniformidad de distribución de los aspersores y eficiencia de aplicación.

Los valores obtenidos para calcular el Coeficiente de Uniformidad de Christiansen (CU), fueron empleados con la siguiente fórmula:

$$CU(\%) = 100 \left(1 - \frac{\sum_{i=1}^n |x_i - m|}{n \cdot x} \right)$$

donde:

CU : Coeficiente de uniformidad (%)

x_i : Altura de agua medida en cada uno de los recipientes de la parcela (mm)

m : Medida de la altura de agua de todos los recipientes (mm)

n : Número de recipientes

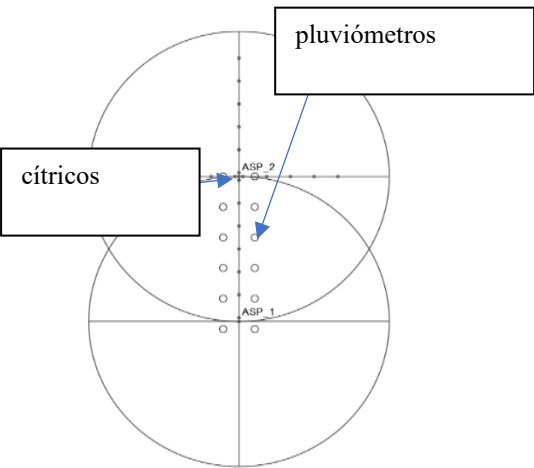
Este procedimiento permitió cuantificar la uniformidad de aplicación del sistema de riego en campo, el resultado obtenido se comparó con los rangos de referencia establecidos en la tabla 5 tal como se detalla a continuación.

Tabla 5.
Clasificación de coeficiente de uniformidad

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

Fuente: Naroua et al. (2012).

Figura 6.
Representación gráfica del coeficiente de uniformidad



Fuente: Elaboración propia.



Muestra de los datos trabajados.

Figura 7.

Ficha técnica de aspersores utilizados en la investigación

Aspersor VYR 70



- Alcance: 13-18 m.
- Caudal: 620- 3,360 l/h.
- Presión de trabajo: 1,75 - 4,5 BAR.
- Sector: Circular.
- Boquillas: Dos boquillas, una principal y otra secundaria deflectora o tapón.
- Ángulos de trayectoria: 26° y 22°.
- Altura máxima de chorro: 4,3 m.
- Tiempo de rotación: Dependiendo de la presión y boquillas es uniforme y continuo.
- Coeficiente de Uniformidad superior al 90% en marcos de 18x18R, 20x18T, 20x20T.

Aspersor VYR 35



- Alcance: 13-18 m.
- Caudal: 660- 3,270 l/h.
- Presión de trabajo: 1,75 - 4,5 BAR.
- Sector: Circular.
- Boquillas: Dos boquillas, una principal y otra secundaria deflectora o tapón.
- Ángulos de trayectoria: 26° y 26°.
- Altura máxima de chorro: 4,2 m.
- Tiempo de rotación: Dependiendo de la presión y boquillas es uniforme y continuo.
- Coeficiente de Uniformidad superior al 90% en marcos de 18x18R, 15x18T, 18x18T.

Aspersor circular 3/4"



Fuente: Orbes agrícola

Boquilla (mm)	Presión (bar)	Radio (m)	Caudal (m³/h)
5.0 x 4.2	1.5	15.75	1.92
5.0 x 4.2	2	17.8	2.14
5.0 x 4.2	2.5	19.2	2.46
5.0 x 4.2	3	20	2.74
5.0 x 4.2	3.5	20.3	2.94

Figura 8.
Medición de la uniformidad de distribución



4.8.1.4. Determinación del área regada

La determinación del área regada por un aspersor se realizó mediante un procedimiento de delimitación en campo. Para ello, se seleccionó un aspersor representativo de la parcela, operando bajo condiciones normales de presión y caudal. Una vez puesto en funcionamiento, se marcó el perímetro en forma rectangular de la zona alcanzada por el chorro de agua, identificando el límite externo donde las gotas lograban humedecer el suelo de manera continua.

Este perímetro determinado en forma rectangular con ayuda de estacas y una wincha, midiendo en cuatro direcciones principales (norte, sur, este y oeste) la distancia desde el aspersor hasta el límite del área mojada (figura 9). Posteriormente, se registraron medidas adicionales en intervalos de 45° para mejorar la precisión del contorno. Con los valores obtenidos, se calculó el área proyectada de alcance, considerando la variación de las distancias medidas.

El área regada se determinó aplicando la siguiente fórmula (Fernandez Gomez, 2010):

$$A = E_a \times E_l \times N_a$$

E_a = Espaciamiento entre aspersores

E_l = Espaciamiento entre líneas

N_a = Número de aspersores

Este valor permitió estimar la superficie efectiva cubierta por cada aspersor y, en consecuencia, la superposición necesaria entre emisores para garantizar una distribución uniforme del riego en la parcela.

Figura 9.

Medición del área regada del aspersor



4.8.1.5. Eficiencia de aplicación

La eficiencia de aplicación del riego por aspersión se evaluó mediante el método gravimétrico indirecto, utilizando la información obtenida en la prueba de uniformidad de distribución con pluviómetros. Para ello, se dispuso una cuadrícula de recipientes calibrados (pluviómetros) alrededor de un aspersor representativo, cubriendo el área mojada de forma radial y equidistante.

El aspersor se puso en funcionamiento durante un tiempo determinado, al término del cual se midió el volumen de agua colectado en cada pluviómetro con probetas graduadas, convirtiéndose luego en lámina de riego (mm). Con estos datos se determinó la lámina media aplicada (L_a) y la lámina útil almacenada en la zona radicular (L_r), considerando la capacidad de almacenamiento del suelo y la profundidad efectiva de raíces del cultivo.

La eficiencia de aplicación se calculó aplicando la siguiente expresión:

$$Ea = \frac{L_r}{L_a} \times 100$$

Donde:

- Ea = eficiencia de aplicación de riego (%).
- L_r = lámina media de agua recogida (mm).
- L_a = lámina de agua aplicada por el aspersor (mm).

La evaluación permitió establecer qué porcentaje del agua aplicada fue realmente aprovechado por el cultivo dentro de la zona radicular. El valor obtenido se comparó con los rangos de referencia sugeridos en la literatura técnica, donde una eficiencia superior al 75 % se considera adecuada para sistemas de aspersión en condiciones de campo.

4.8.1.6. Determinación de la uniformidad de distribución

Para la determinación de la uniformidad de distribución del agua en la parcela según Merriam & Keller (1978), para ello se utilizó 24 unidades de pluviómetros y una probeta milimétrica, los pluviómetros fueron distribuidos cada 2 a 3 metros, según el diámetro de chorro de cada aspersor, la evaluación se realizó en funcionamiento de cada aspersor en tiempo

determinado, controlado por cronometro, una vez concluida la evaluación se procedió procesar los resultados obtenidos de las 35 parcelas evaluadas. Para los resultados en porcentaje de cada parcela con riego se utilizó la fórmula propuesta como se observa en la figura 10.

$$UD = \frac{\bar{x}_{bajo}}{\bar{x}_{total}} * 100$$

Donde:

UD : Uniformidad de distribucion (%)

$\bar{x}_{bajo}$: Promedio del 25% de valores en mm.

$\bar{x}_{total}$: Promedio de total de valores evaluados mm.

Figura 10.

Deteminacion de la uniformidad de distribución



4.8.1.7. Elaboracion del cuestionario

Para complementar los indicadores del objetivo 01 y 02, se elaboró un cuestionario conformado por 40 preguntas, diseñado con el propósito de conocer la situación de la producción de cítricos en la zona de estudio. El instrumento se estructuró en secciones que abordaron aspectos sociodemográficos, nivel de operación del sistema de riego por aspersión, prácticas de manejo del cultivo y nivel de producción alcanzado.

El cuestionario que fue aplicado a los agricultores de la zona de estudio se estructuró en tres secciones principales. La primera sección correspondió a los datos generales de los productores, donde se recopiló información relacionada con la edad, grado de instrucción, número de integrantes de la familia, superficie cultivada y experiencia en el manejo del cultivo de cítricos.

La segunda sección estuvo orientada a indagar sobre el nivel de operación del sistema de riego por aspersión, en la cual se incluyeron preguntas acerca del conocimiento técnico de los agricultores, la frecuencia de riego aplicada, el mantenimiento de los equipos, así como las prácticas relacionadas con la eficiencia en el uso del agua.

Finalmente, la tercera sección abarcó aspectos vinculados al nivel de producción de cítricos y a la organización para la operación del sistema de riego, recopilándose información sobre volúmenes de producción, rendimiento promedio por hectárea, destino de la producción, además de las formas de organización comunitaria adoptadas por los agricultores para coordinar el uso y la administración del recurso hídrico.

a. Datos generales

Se incluyeron preguntas cerradas y de opción múltiple orientadas a caracterizar el perfil sociodemográfico de los agricultores (género, edad, grado de instrucción y antigüedad como citricultores). Este bloque permitió contextualizar las respuestas obtenidas en función de la experiencia y el nivel educativo de los encuestados.

b. Nivel de operación del sistema de riego

Constó de preguntas cerradas, dicotómicas (Sí/No) y de selección múltiple (rangos de frecuencia, cantidad o distancia). Su propósito fue identificar el nivel de conocimiento técnico y las prácticas que llevaron a cabo los agricultores en relación con la operación del sistema de riego por aspersión: instalación, presión de agua, número de aspersores, frecuencia y duración de los riegos, fuentes de agua, uniformidad del caudal y conflictos asociados al uso del recurso hídrico.

A continuación, se presentan las preguntas del cuestionario correspondientes al nivel de operación del sistema de riego:

1. ¿Sabe que es un hidrante? Si (), No ().
2. ¿Conoce la presión del agua en su hidrante? Si (), No ().
3. ¿Quién instaló el sistema de red de aspersores en su parcela? Ud (), otros ().
4. ¿Conoce el tipo de aspersor que utiliza? Si (), No ().
5. ¿Cuántos aspersores instaló en su parcela? 1-3 (), 4-6 (), 7-9 (), 10-12 (), Más de 12 ().
6. ¿Cuál es el distanciamiento de instalación de los aspersores? 1-5 (), 6-10 (), 11-15 (), 16-20 (), más de 20m ().
7. ¿A qué distancia instaló las líneas de aspersores? 1-5 (), 6-10 (), 11-15 (), 16-20 (), más de 20m ().
8. ¿En qué meses realiza el riego? Diciembre mayo (), junio noviembre ().
9. ¿En qué etapa de maduración del cultivo de naranja realiza el riego? Pre floración (), Floración (), Crecimiento (), maduración ().
10. ¿Cuál es la frecuencia de riego realizado? 7 días (), 15 días ().
11. ¿Qué tiempo dura el riego que aplica al cultivo de naranjo? 1-4 horas (), 5-9 (), 10-12 horas ().
12. ¿Cuál es el turno de riego realizado? Mañana (), tarde (), noche ().
13. ¿El caudal de agua que llega a su parcela es de flujo uniforme? Si (), No ().
14. ¿El caudal del agua se incrementa o disminuye? Se incrementa (), disminuye ().

15. ¿Usa el agua de riego de otras fuentes fuera del proyecto? Si (), No ().
16. ¿Cuánto paga por el uso de agua de riego? 0-15 soles (), 16-30 soles (), más de 30 soles (), no paga ().
17. ¿Usa elevador para riego en el cultivo de naranjo? Si (), No ().
18. ¿El proyecto de riego generó conflictos por el uso de agua? Si (), No ().

c. Nivel de producción de cítricos

Este apartado incluyó preguntas cerradas de opción múltiple y, en algunos casos, dicotómicas (Sí/No). Tuvo como objetivo recopilar información sobre la producción de cítricos, incluyendo: variedades cultivadas, edad de las plantaciones, distanciamiento, número de árboles, sistema de cultivo (puro o asociado), rendimientos por árbol, calidad del fruto, incidencia de plagas y enfermedades, así como la aplicación de labores culturales (poda, fertilización y control fitosanitario). Además, se incorporaron preguntas orientadas a identificar el impacto económico y social, como el incremento de ingresos, la expansión del área cultivada y la disminución de la migración poblacional. Las preguntas descritas en este ítem se presentan a continuación:

19. ¿Conoce la calidad de sus suelos? Si (), No ().
20. ¿Sabe cuáles son las fases de producción del cultivo de naranja? Si (), No ().
21. ¿Qué variedad de naranja cultiva? Valencia (), Lima naranja (), Wasingthon Navel (), Otros ().
22. ¿Cuál es la edad de sus plantaciones de naranja? 1-5 años (), 6-10 años (), 11-15 años (), más de 15 años ().
23. ¿Cuál es el distanciamiento de sus plantaciones? 4mx4m(), 5mx5m (), 4mx5m ().
24. ¿Cuántos árboles de naranja conduce? 100-150 (), 151-312 (), 313-500 (), 501-625 (), más de 625 ().
25. ¿La plantación de naranjas es puro o asociado? Asociado (), Puro ().
26. ¿Cuál fue el rendimiento por árbol de naranja antes del proyecto? a). 1-5Kg ()
b). 6-10Kg () c). más de 10Kg ().

27. ¿Cuál es su rendimiento por árbol de naranja después del proyecto? a). 1-5Kg (), b). 6-10Kg () c). más de 10Kg ().
28. ¿Con el proyecto ha mejorado la calidad y tamaño del naranjo? Si (), No ().
29. ¿Con el proyecto es mayor o menor la incidencia de plagas y enfermedades? Mayor (), menor ().
30. ¿Realiza podas en el cultivo de naranjo? Si (), No ().
31. ¿Realiza la fertilización en el cultivo de naranjo? Si (), No ().
32. ¿Realiza labores de control de plagas y enfermedades? Si (), No ().
33. Con la implementación del riego ¿incrementó sus ingresos? Si (), No ().
34. Con la implementación del riego ¿amplió su área de cultivo de naranjo? Si (), No ().
35. ¿Disminuyó la migración de la población? Si (), No ().

d. Organización para la operación del sistema de riego:

Este apartado comprendió preguntas cerradas y dicotómicas relacionadas con el grado de capacitación de los agricultores en el manejo de cítricos, riego parcelario, suelos, aguas y educación ambiental. Asimismo, incluyó preguntas sobre el conocimiento de los alcances y objetivos del proyecto de riego, tal como se detalla a continuación:

36. ¿Fue capacitado en el manejo de los cítricos? Si (), No ().
37. Fueron capacitados en manejo de sistemas de riego parcelario? Si (), No ().
38. Fueron capacitados en manejo de aguas y suelos? Si (), No ().
39. Fueron capacitados en educación Ambiental? Si (), No ().
40. Conoce los alcances y objetivos del proyecto de riegos? Si (), No ().

El cuestionario se compuso mayoritariamente de preguntas cerradas (dicotómicas y de opción múltiple), lo que facilitó la tabulación y el análisis estadístico de la información. De igual manera, se dejó un espacio abierto al final para observaciones, que permitió a los agricultores expresar comentarios adicionales, aportando información cualitativa complementaria.

4.8.2. Metodología para el objetivo específico 02

Con la finalidad de cumplir el objetivo específico 02 “Determinar la influencia del riego por aspersión en la producción de cítricos” se procedió a determinar los indicadores de producción los cual se detalla a continuación:

4.8.2.1. Determinación del diámetro ecuatorial del fruto

El diámetro del fruto se midió con la ayuda de un calibrador vernier (0,01 mm de precisión), tomando como referencia la parte media o ecuatorial del fruto (ver figura 11) es decir, la zona de mayor amplitud. Para asegurar la exactitud de la medición, el calibrador se colocó de manera perpendicular al eje longitudinal del fruto, evitando deformaciones por presión. En cada fruto se realizaron dos lecturas consecutivas, registrándose el valor promedio como medida final. Con el fin de asegurar la representatividad y confiabilidad estadística de los datos, la medición de ambos indicadores se realizó bajo un diseño de cuatro repeticiones, con un total de cuatro plantas por parcela por planta (5 frutos por planta), haciendo un total de 700 frutos. La decisión de trabajar con 4 plantas (4 repeticiones) se fundamenta en tres criterios:

Rigurosidad estadística

Un número mínimo de cuatro repeticiones es ampliamente aceptado en estudios agronómicos y de evaluación de cultivos, ya que permite calcular medidas de dispersión (varianza y error estándar) con mayor precisión, fortaleciendo la validez de los análisis estadísticos posteriores (Gómez & Gómez, 1984).

Variabilidad biológica

Los frutos presentan heterogeneidad natural en peso y tamaño, por lo que un muestreo con 4 repeticiones asegura que la variabilidad dentro de la población se encuentre mejor representada, reduciendo sesgos por selección.

Representatividad experimental

Al distribuir la muestra en repeticiones independientes, se incrementa la confiabilidad de los resultados, ya que cada repetición actúa como una unidad experimental que refleja las condiciones del sistema de riego en estudio.

Figura 11.

Medición del diámetro ecuatorial del fruto



4.8.2.2. Determinación del peso del fruto

La evaluación de las características físicas de los frutos se efectuó mediante la determinación del peso fresco y del diámetro ecuatorial de una muestra representativa recolectada en la parcela bajo riego parcelario. Para ello, se seleccionaron al azar frutos maduros y en buen estado fitosanitario, procurando que la muestra reflejara de manera adecuada la representatividad del lote (Figura 12).

El peso fresco se determinó utilizando una balanza digital de precisión (0,01 g), previamente calibrada. Cada fruto fue colocado individualmente en la bandeja de la balanza, registrándose el valor obtenido en gramos. Este procedimiento se repitió con todos los frutos seleccionados, obteniéndose posteriormente el peso promedio de la muestra.

Figura 12.

Medición del peso del fruto



4.8.3. Metodología para el objetivo específico 03

4.8.3.1. Estudio del suelo

Durante la fase de campo se ejecutaron tres calicatas con dimensiones de $1.0 \times 1.0 \times 1.0$ m, distribuidas estratégicamente en el ámbito de estudio, con la finalidad de realizar un estudio del perfil y la profundidad del suelo. La ejecución de las calicatas se realizó tomando en cuenta la topografía del terreno, divididas en tres partes diferenciadas: zona 1, zona 2 y zona 3, con el propósito de representar de manera adecuada la variabilidad edáfica del área de estudio como se observa en la figura 15.

Cada submuestra fue obtenida en cada parcela de cítricos seleccionados, situándose entre árboles representativos del cultivo de cítricos, distribuidas de la siguiente manera; zona 1, 11 submuestras, zona 2, 12 submuestras, zona 3, 12 submuestras, que fueron recolectadas a una profundidad de 20 a 30 cm, siguiendo criterios de homogeneización para garantizar la representatividad de las condiciones edáficas de las parcelas evaluadas. De esta manera, se generaron un total de 3 muestras representativas de 1kg/por calicata, que posteriormente fueron enviadas al laboratorio de Química Agrícola “Valle Grande”, para su análisis físico.

Figura 13.

Apertura de calicata

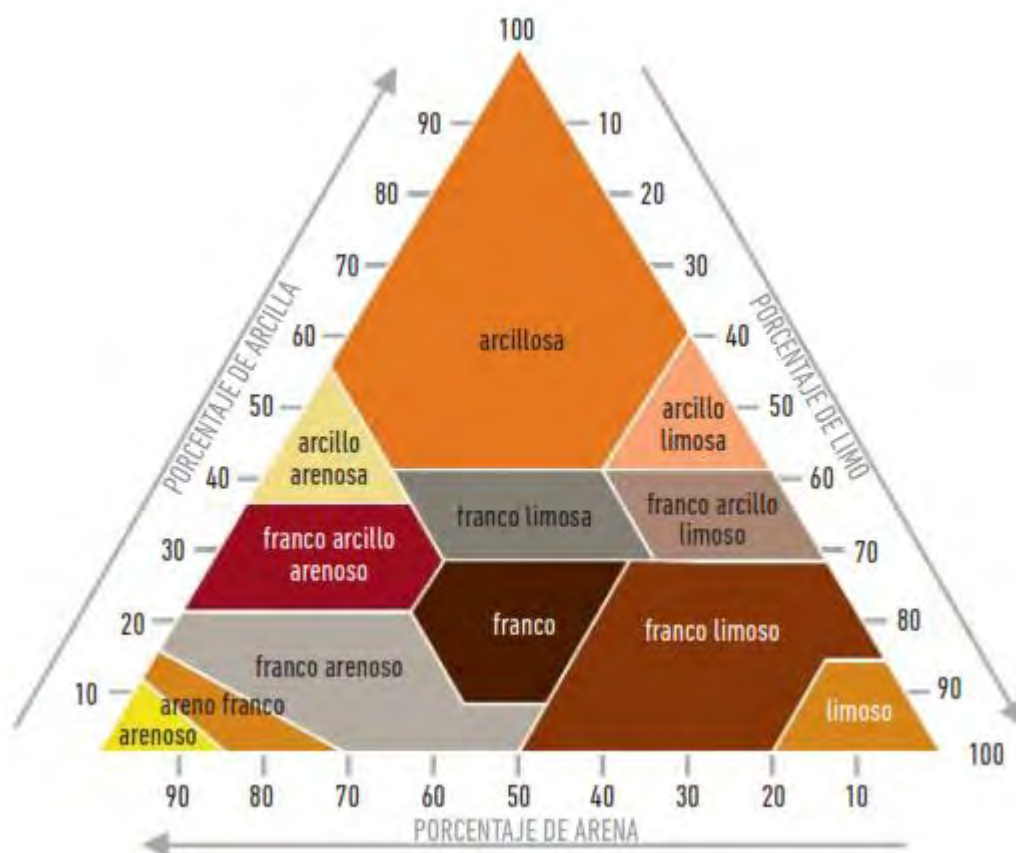


A nivel de laboratorio las muestras fueron sometidas a evaluaciones de las siguientes propiedades: textura del suelo, densidad aparente, capacidad de campo y punto de marchitez permanente (PMP). Estos parámetros resultaron fundamentales, ya que permitieron calcular con mayor precisión el número óptimo de aspersores por parcela y el tiempo de riego requerido para alcanzar una adecuada eficiencia en la aplicación del agua.

Asimismo, en algunas parcelas donde se consideró necesario, la clase textural del suelo fue determinada de manera complementaria mediante el método del tacto, apoyándose en el diagrama triangular textural para su clasificación. Este procedimiento facilitó para determinar la clase textural de algunos suelos en el momento de la prueba de infiltración de los suelos realizados en la cuenca del río Mándor.

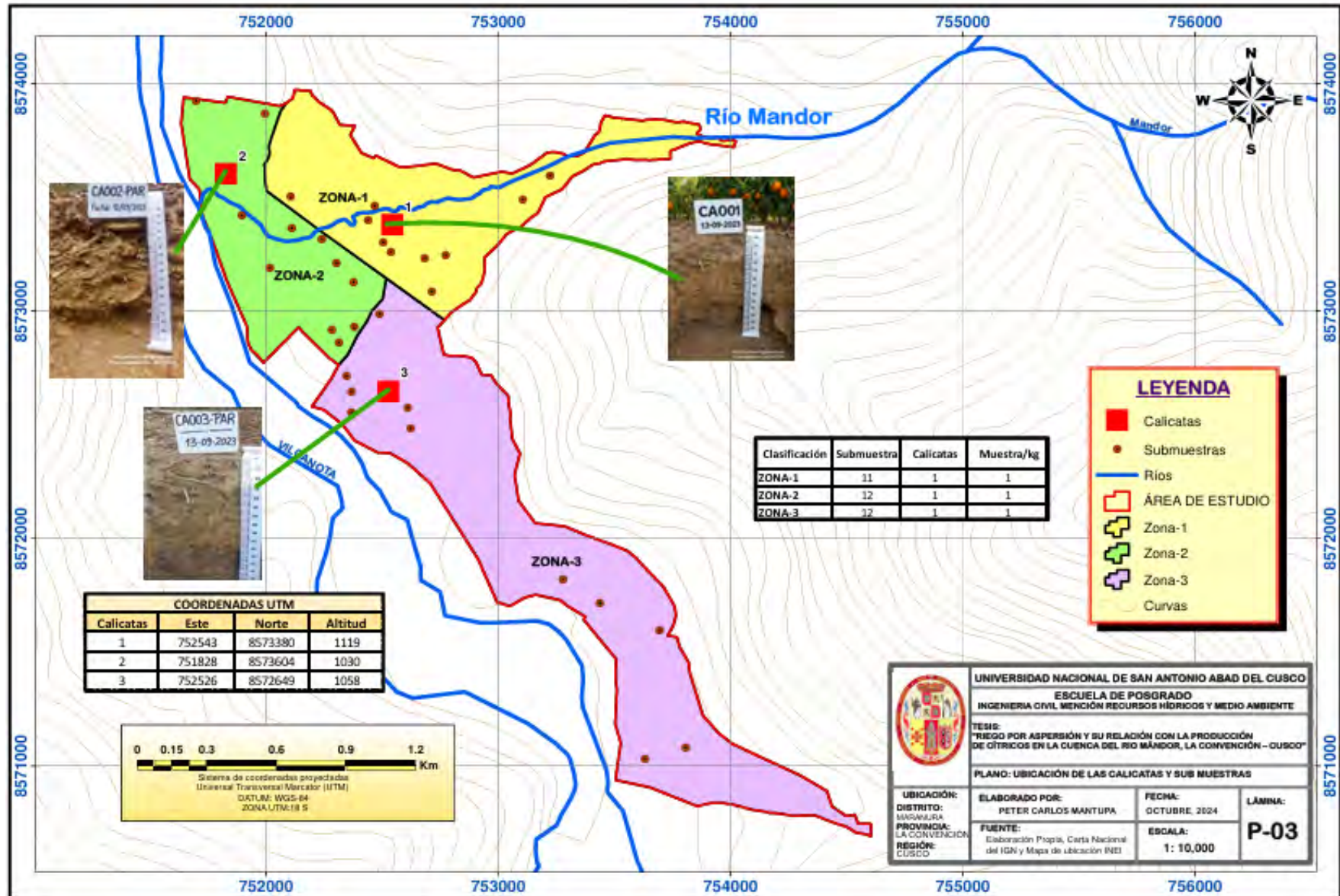
Figura 14

Clase textural del suelo



Fuente: Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (USDA)

Figura 15. Ubicación de las calicatas y sub muestras



4.8.3.2. Cálculo de la infiltración

La infiltración del suelo se evaluó mediante el método del infiltrómetro de doble anillo concéntrico, técnica ampliamente utilizada en estudios de riego por su precisión en la determinación de la velocidad de entrada del agua al perfil del suelo. El equipo estuvo conformado por dos anillos metálicos, uno interno de 30 cm de diámetro y otro externo de 60 cm, ambos de 30 cm de altura, tal como se presenta en la figura 16. Asimismo, la ubicación de pruebas de infiltración realizadas se muestra en la figura 17.

Para la instalación, los anillos fueron hincados en el suelo hasta una profundidad aproximada de 10 cm, asegurando su verticalidad y evitando grietas en el borde de contacto. Posteriormente, se llenó simultáneamente con agua tanto el anillo interior como el exterior hasta una altura inicial de 10 cm, con el fin de minimizar el flujo lateral y garantizar que el movimiento del agua en el anillo interior representara de manera más fiel el flujo vertical de infiltración.

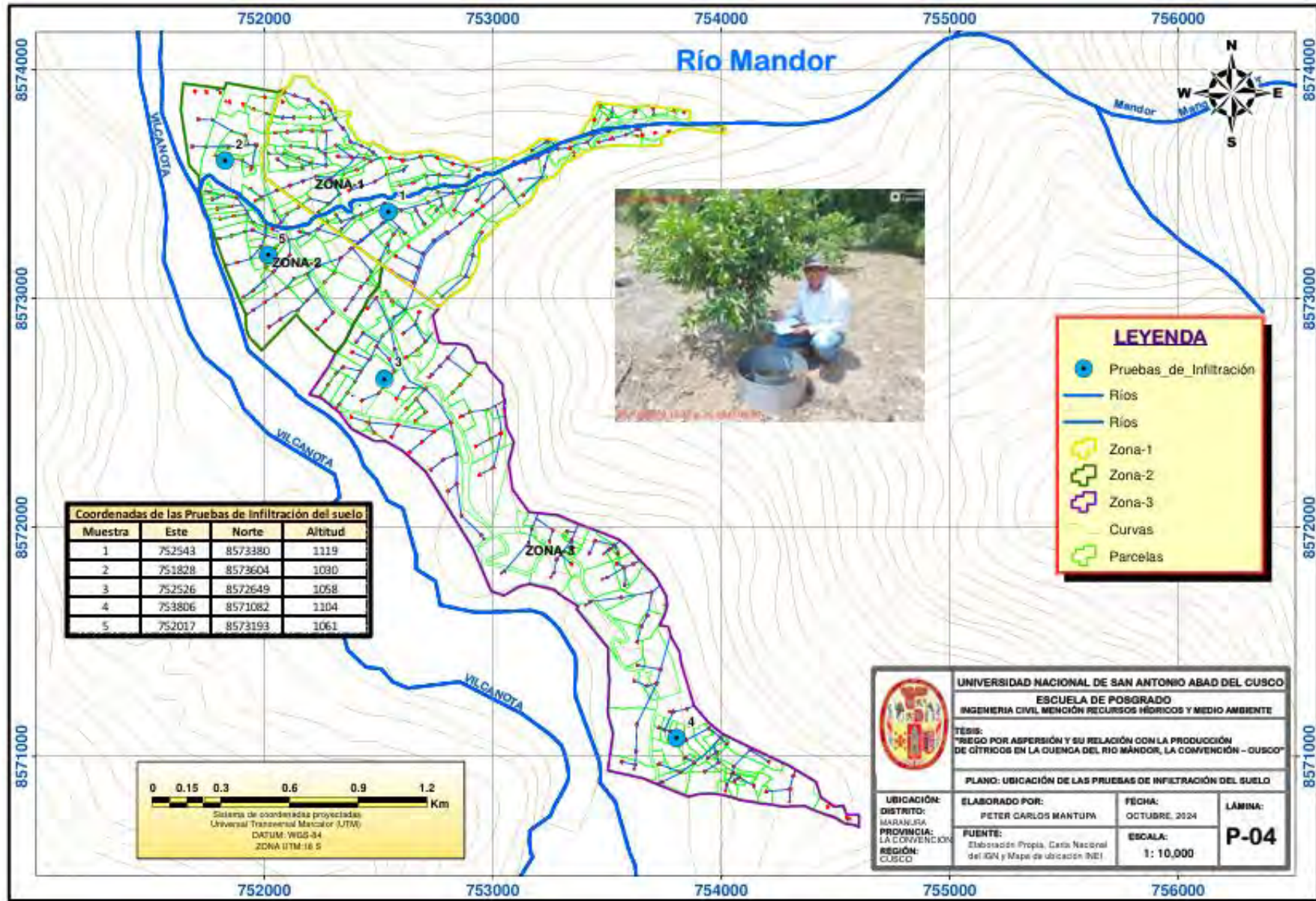
La medición se realizó registrando la disminución del nivel de agua en el anillo interior en intervalos de tiempo progresivos: cada minuto durante los primeros 10 minutos, cada 5 minutos hasta los 30 minutos, y cada 10 minutos hasta que la tasa de infiltración alcanzó valores estables (infiltración básica). El volumen infiltrado se determinó mediante una cinta milimétrica y se transformó a lámina infiltrada (cm) en función del área del anillo interior, cuyo procesamiento de los datos fueron con el método Kostiakov 2022.

Figura 16.

Medición de la infiltración del agua en el suelo



Figura 17. Ubicación de las pruebas de infiltración del suelo



4.8.3.3. Evapotranspiración referencial

La metodología utilizada fue de CROPWAT 8.0, está basada en la ecuación de Penman–Monteith FAO (PM-FAO 56), dichos resultados obtenidos fueron por mes en mm/día de la zona de estudio. Para el procesamiento de la información, los datos históricos fueron obtenidos de la estación meteorológica de Quillabamba desde los años 1964 al 2020; los factores climáticos obtenidos fueron, temperatura mínima, temperatura máxima, Humedad, Viento e insolación.

4.9. Técnicas de análisis e interpretación de información

El procesamiento y la interpretación de la información se llevaron a cabo empleando diversas herramientas informáticas y programas estadísticos. En una primera etapa, los datos recolectados a través de las encuestas y evaluaciones de campo fueron organizados y sistematizados en hojas de cálculo de Microsoft Excel, lo cual permitió depurar, ordenar y clasificar la información de manera preliminar.

Posteriormente, la información fue analizada mediante el uso de software estadístico especializado, como SPSS, STATA y en sistemas de información geográfica, a fin de aplicar pruebas estadísticas, modelos de regresión y análisis comparativos que facilitaran la obtención de resultados confiables y representativos. Dichos programas permitieron realizar cálculos de frecuencias, correlaciones y medidas de tendencia central, así como la validación de hipótesis planteadas en el presente trabajo de investigación.

De esta manera, las técnicas de análisis utilizadas contribuyeron a interpretar de manera rigurosa los datos obtenidos, generando evidencias cuantitativas y cualitativas que respaldaron las conclusiones derivadas de la investigación.

4.10. Técnicas para demostrarla verdad o falsedad de las hipótesis planteadas

Para la verificación de las hipótesis formuladas en el presente trabajo de investigación, se emplearon técnicas estadísticas que permitieron contrastar la verdad o falsedad de las mismas. El análisis de los datos recolectados se llevó a cabo mediante el uso del software estadístico SPSS, el cual posibilitó procesar la información de manera eficiente y confiable.

En particular, se aplicó la prueba de correlación no paramétrica de Spearman, con la finalidad de establecer el grado de asociación existente entre las variables de estudio, específicamente entre la aplicación del riego por aspersión y el nivel de producción de cítricos. Esta prueba permitió determinar la dirección y fuerza de la relación entre ambas variables, generando evidencia estadística que facilitó la aceptación o el rechazo de las hipótesis planteadas.

CAPITULO V: RESULTADOS Y DISCUSIÓN

5.1. Resultados para el objetivo específico 01

Para cumplir con el objetivo específico 01 “Determinar el desempeño hidráulico del riego por aspersión en la producción de cítricos en la cuenca del Río Mándor en La Provincia de La Convención – Cusco, 2021”, se realizó la encuesta a los usuarios del sistema de riego y la obtención de los indicadores muestran a continuación:

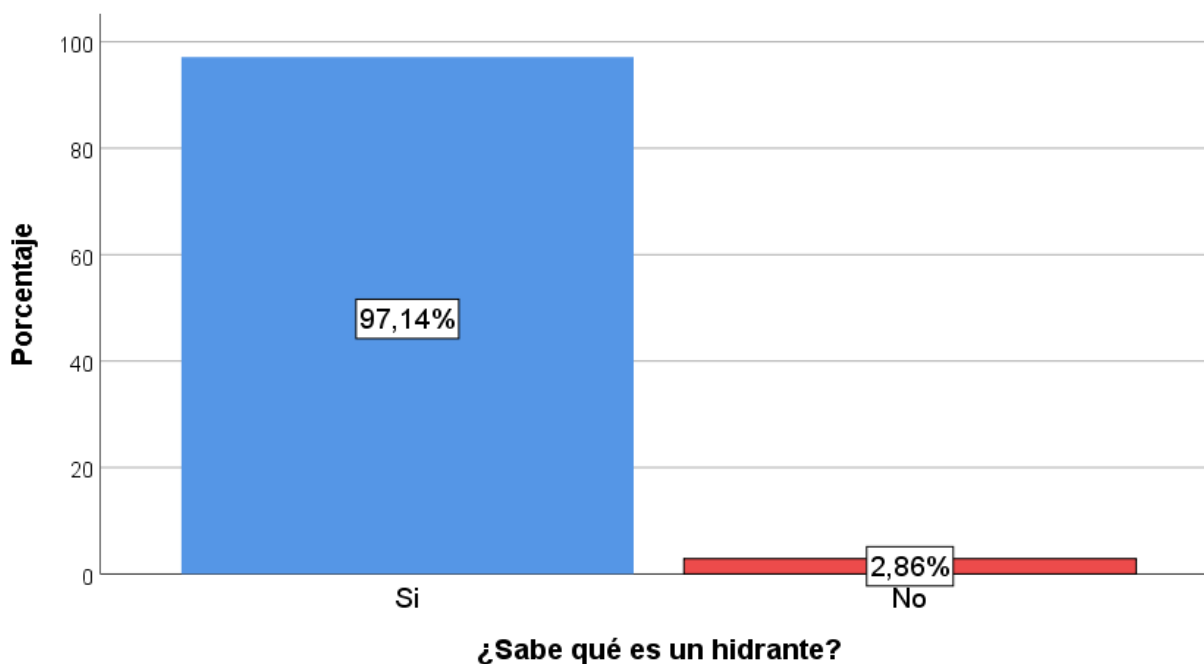
5.1.1. Nivel de operación del sistema de riego

a. Conocimiento sobre hidrante

En el gráfico 1 se muestra que la mayoría de los beneficiarios (97,14%) manifestaron que sí conocen qué es un hidrante, mientras que solo el 2,86% indicó que no tenía conocimiento al respecto, lo cual evidencia que casi la totalidad de los agricultores comprende el uso de los hidrantes dentro del proyecto de riego, confirmando el alto nivel de conocimiento existente en la zona de estudio.

Gráfico 1.

Conocimiento sobre hidrante



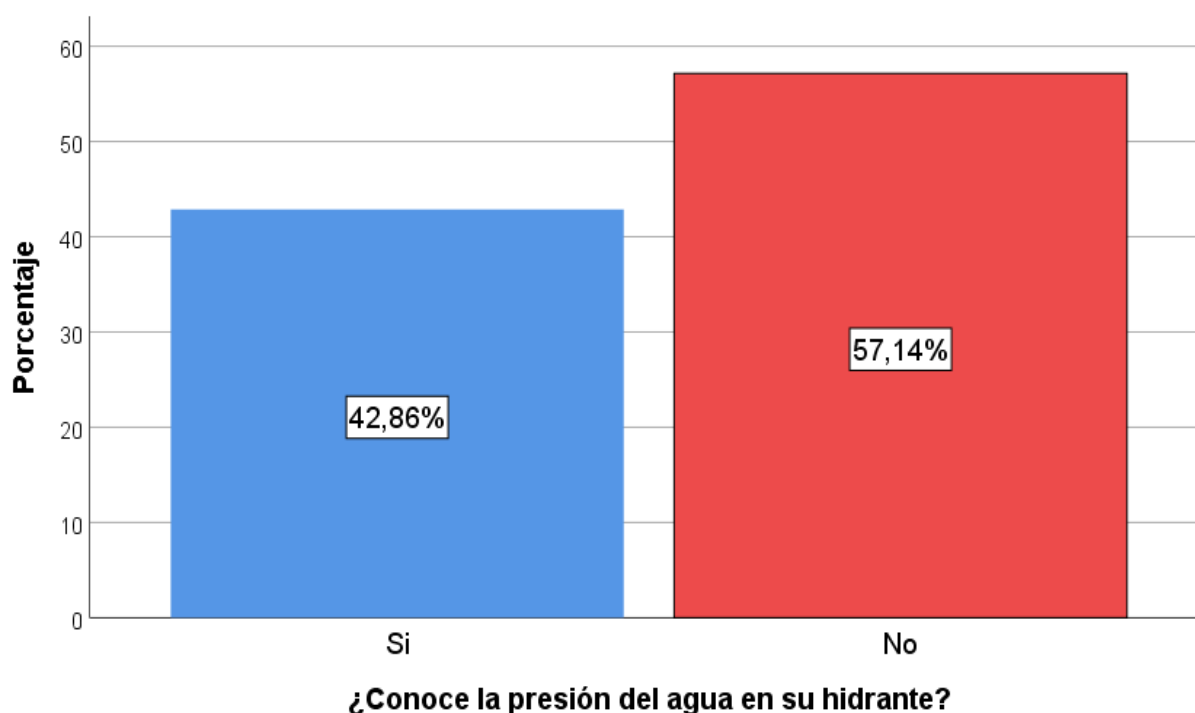
Fuente: Elaboración propia.

b. Conocimiento sobre la presión del agua en su hidrante

El gráfico 2, muestra el conocimiento sobre la presión del agua por parte del beneficiario en su hidrante, donde la mayoría de los encuestados (57.14%) afirmaron no conocer la presión del agua en sus hidrantes, indicando que no existe una comprensión adecuada de las condiciones técnicas del sistema de riego que utilizan. Es decir que más de la mitad de los agricultores manifesto no tener conocimiento sobre la presión del agua en su hidrante, en tanto que una menor proporción señaló que sí conoce.

Gráfico 2.

Conocimiento sobre la presión del agua en su hidrante



Fuente: Elaboración propia.

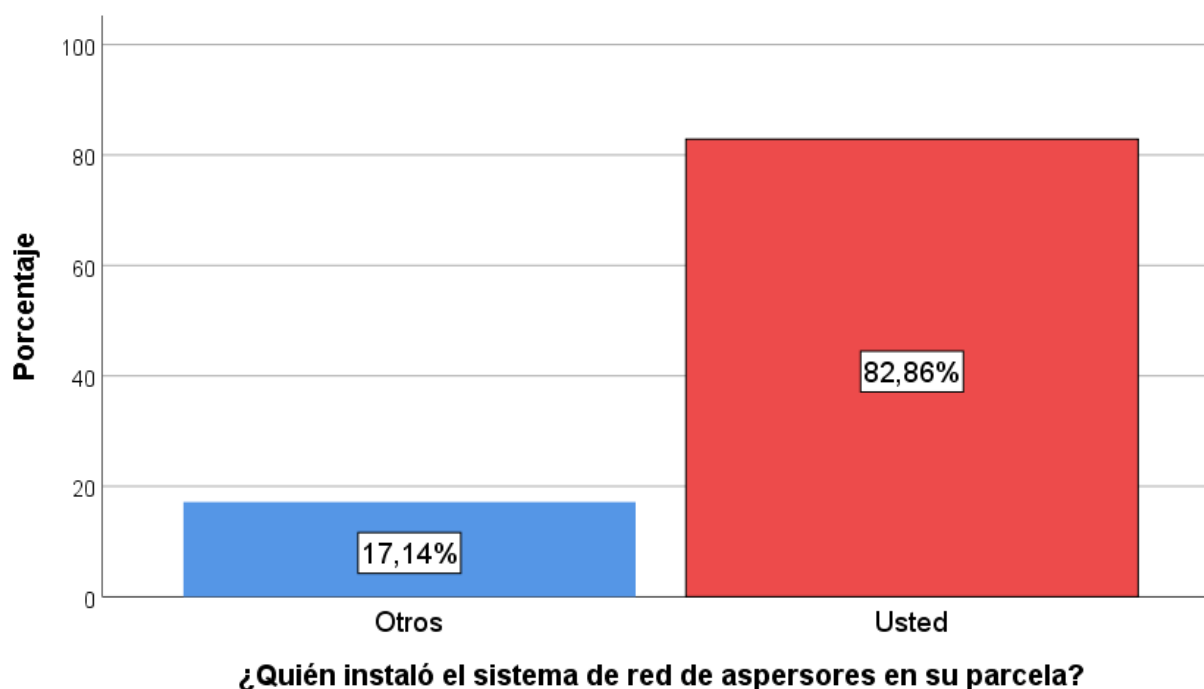
c. Instalación del sistema de red de aspersores en su parcela

En el gráfico 3, se muestra que la mayoría de los sistemas de aspersores (82,86%) fueron instalados por los propietarios de las parcelas, mientras que sólo un 17,14% fueron instalados por otras personas. Es decir que la mayor parte de los agricultores realizó directamente la instalación

de sus sistemas de riego, lo que reflejó que contaron con las capacidades necesarias para llevar a cabo estas labores técnicas sin depender en gran medida de terceros.

Gráfico 3.

Persona que instaló el sistema de red de aspersores en su parcela



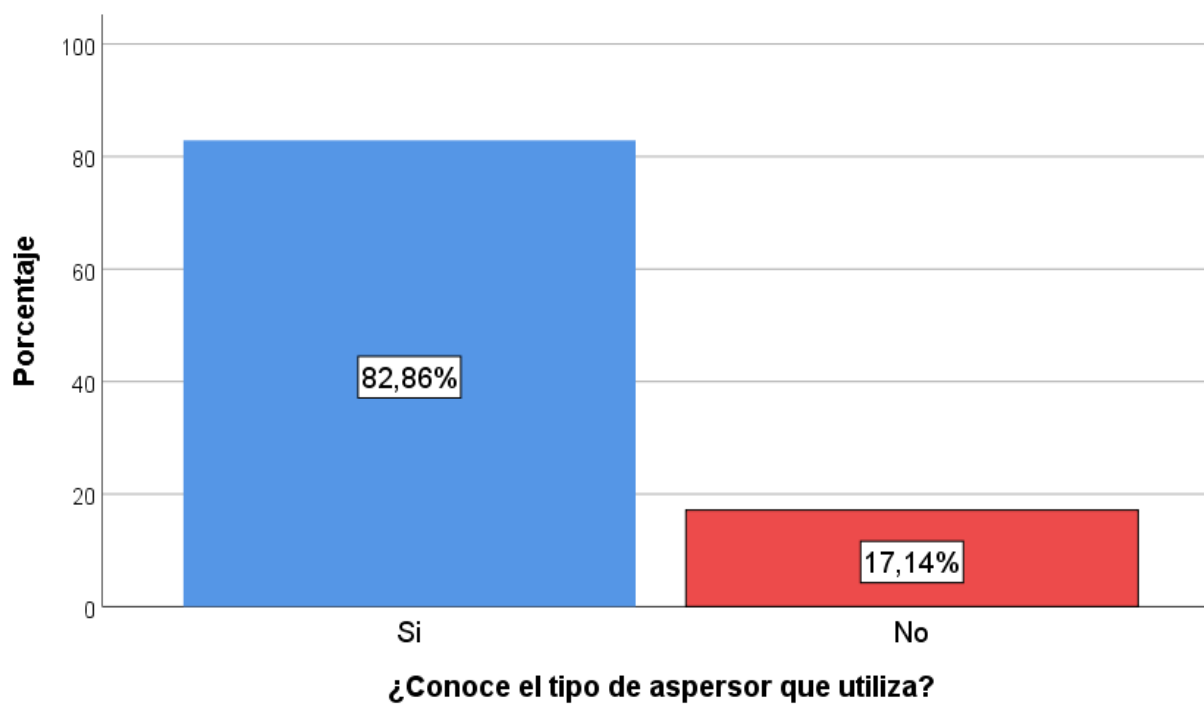
Fuente: Elaboración propia.

d. Conocimiento del tipo de aspersor utilizado

En el gráfico 4, se observa que la mayoría de los agricultores (82,86%) manifestó que conocía el tipo de aspersor utilizado en sus parcelas, mientras que un 17,14% indicó que no tenía dicho conocimiento. Lo cual evidenció que gran parte de los beneficiarios estuvo familiarizada con el equipo de riego empleado, lo que refleja un nivel adecuado de reconocimiento de los componentes técnicos del sistema, aspecto fundamental para su correcta operación y mantenimiento. Cabe señalar que los tipos de aspersor utilizado en la zona de estudio fueron el VYR 35, VYR 70 y K30.

Gráfico 4.

Conocimiento del tipo de aspersor utilizado



Fuente: Elaboración propia.

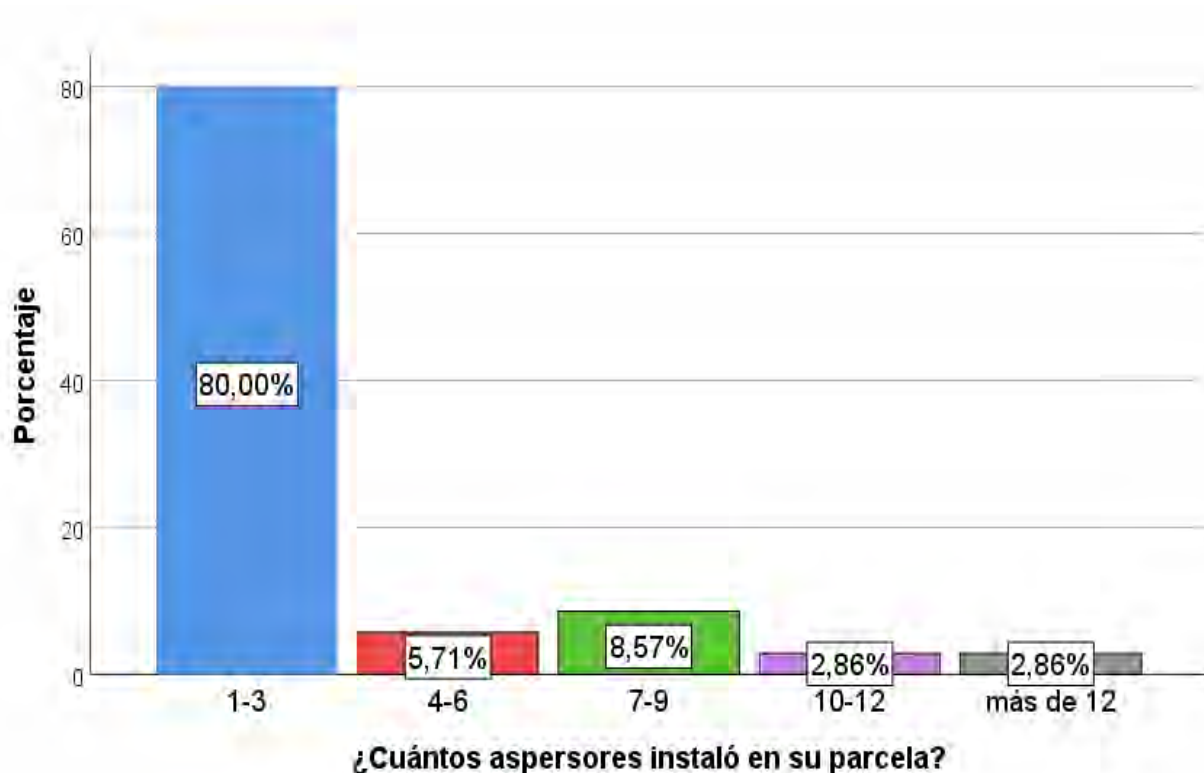
e. Cantidad de aspersores instalados en su parcela

En el gráfico 5, se muestra el número de aspersores instalados en la parcela del agricultor; la mayoría de ellos (80.00%) manifestó tener entre 1 y 3 aspersores, el 8.57% indicó tener entre 7 a 9 aspersores, el 5.71% indicó que tienen entre 4 y 6 aspersores y sólo el 2.86% de los encuestados declararon tener entre 10 y 12 aspersores, asimismo otros 2.86% cuentan con más de 12 aspersores.

Lo cual confirma que predominó la instalación de un número reducido de aspersores, lo que refleja una tendencia hacia sistemas de riego de menor escala, posiblemente asociados a parcelas de menor tamaño o a limitaciones de recursos. Cabe señalar que cada parcela tiene un área aproximada en promedio 1 ha.

Gráfico 5.

Cantidad de aspersores instalados en su parcela



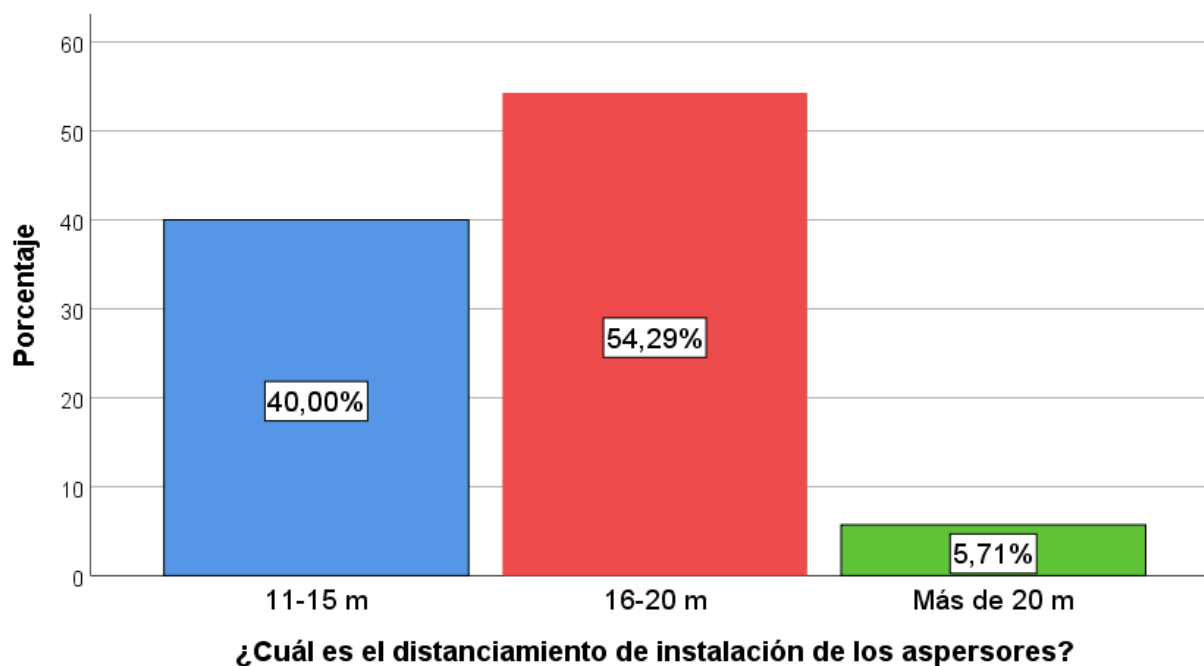
Fuente: Elaboración propia.

f. Distancia de instalación de los aspersores

En el gráfico 6, se observa que la mayoría de los agricultores (54,29%) manifestó que instaló sus aspersores a una distancia de 16 a 20 metros, mientras que un 40,00% colocó entre 11 y 15 metros, y únicamente un 5,71% indicó que el distanciamiento fue mayor a 20 metros.

Lo que refleja que los agricultores tendieron a implementar un espaciamiento considerado moderado, orientado a garantizar una cobertura de riego adecuada y relativamente uniforme en sus parcelas.

Gráfico 6.

Distancia de instalación de los aspersores

Fuente: Elaboración propia.

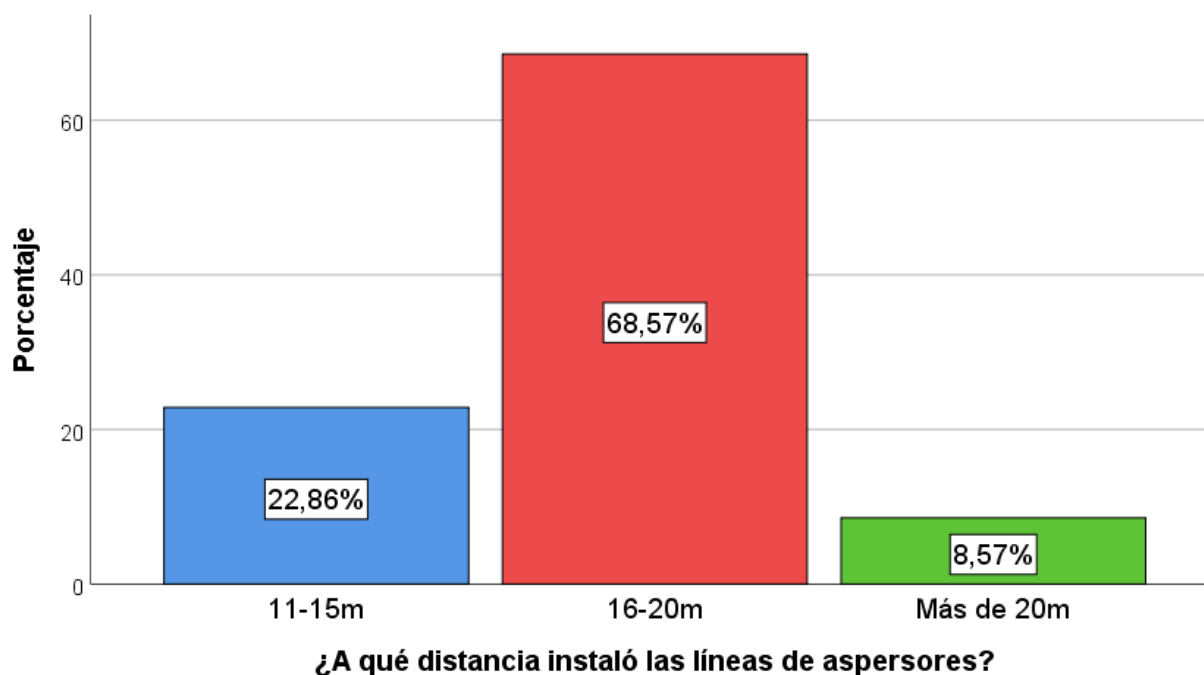
g. Distancia de instalación de líneas de aspersores

El gráfico 7, muestra que la mayoría de los agricultores (68,57%) instaló las líneas de aspersores a una distancia de 16 a 20 metros, mientras que un 22,86% declaró haberlas colocado entre 11 y 15 metros, y solo un 8,57% señaló un distanciamiento mayor a 20 metros.

Con estos resultados se confirma una deficiente distribución de los aspersores en las parcelas, lo que repercute en un bajo desempeño hidráulico del sistema de riego por aspersión, dado que el 68.57 % de los agricultores reporta una instalación con distancias entre líneas de 16 a 20 m.

Gráfico 7.

Distancia de instalación de líneas de aspersores

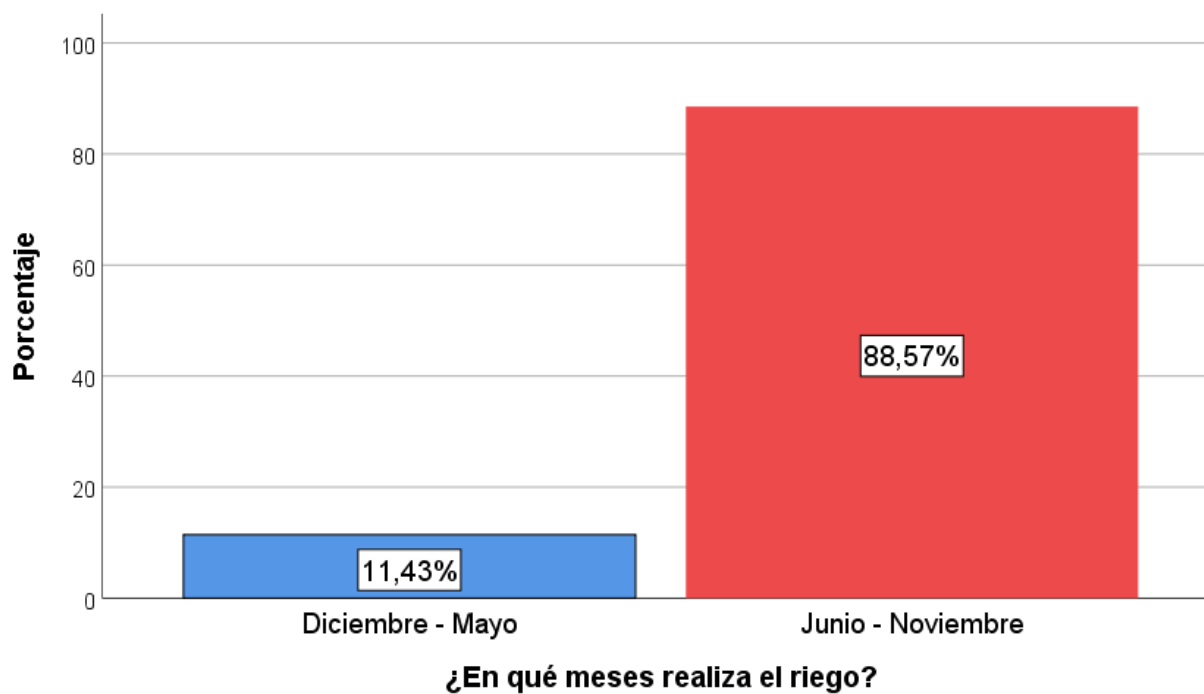


Fuente: Elaboración propia

h. Meses de riego realizados

En el gráfico 8, se observó que el riego no está distribuido a lo largo del año, con una aplicación en los meses de junio a noviembre (88.57%). Esto se debe a los patrones climáticos o las necesidades estacionales de los cultivos. Un 11.43% de encuestados indica que los meses de riego lo realizan los meses de diciembre a mayo y la gran mayoría de los encuestados riegan en los meses de temporada seca, lo que refleja que las actividades de riego fueron condicionadas a los patrones climáticos y las necesidades estacionales de los cultivos.

Gráfico 8.

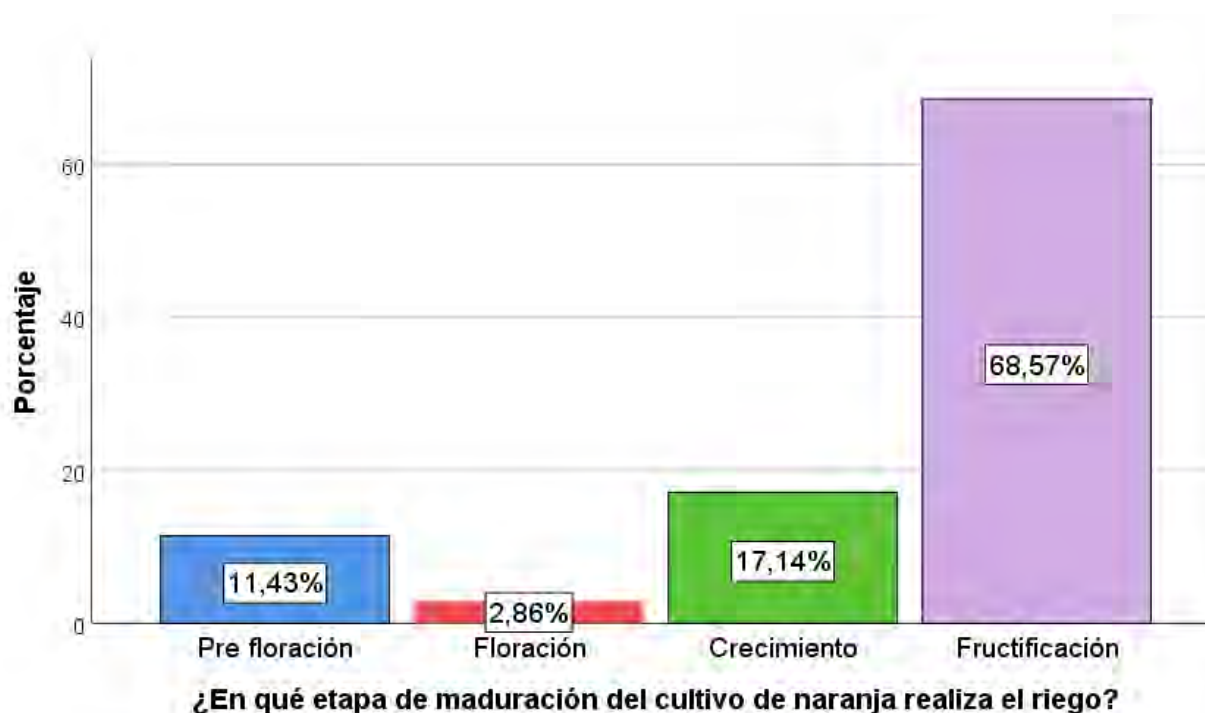
Meses de riego realizados

Fuente: Elaboración propia.

i. Etapas del cultivo y riego ejecutado

En el gráfico 9, se muestra que la mayoría de los encuestados riegan durante la fructificación (68.57%), lo que indica una comprensión de la importancia del riego en estas etapas críticas de desarrollo del fruto, el 11.43% realiza el riego durante la etapa de la prefloración, el 2.43% realiza el riego durante la floración, el 17.14%. Esto evidencia que el riego se concentra principalmente en la fase de fructificación, lo que refleja que los beneficiarios priorizaron esta etapa crítica para asegurar el desarrollo y la calidad del fruto.

Gráfico 9.

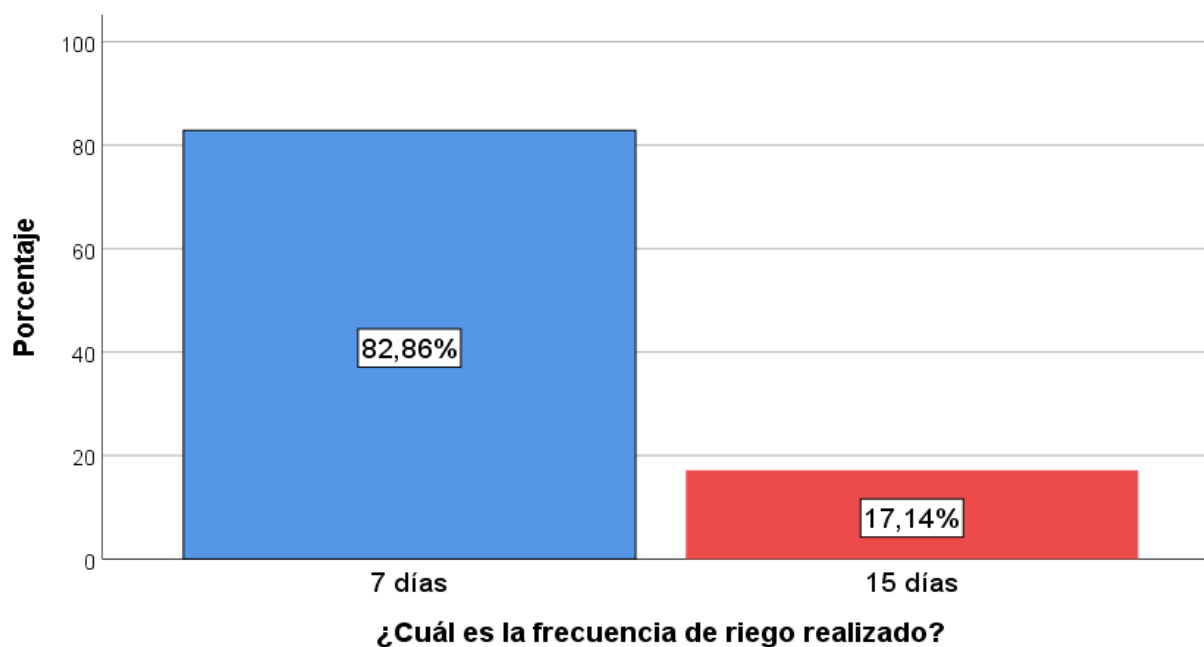
Etapas del cultivo y riego ejecutado

Fuente: Elaboración propia.

j. Frecuencia de riego realizado

En el gráfico 10, se presenta que la mayoría de los agricultores (82,86%) manifestó haber realizado el riego con una frecuencia de cada 7 días, mientras que un 17,14% indicó que lo efectuaba cada 15 días. Es decir los agricultores de la zona de estudio riegan con una frecuencia de siete días, lo que refleja que los beneficiarios ajustaron la frecuencia de riego en función de las necesidades del cultivo y de las condiciones edafoclimáticas locales.

Gráfico 10.

Frecuencia de riego

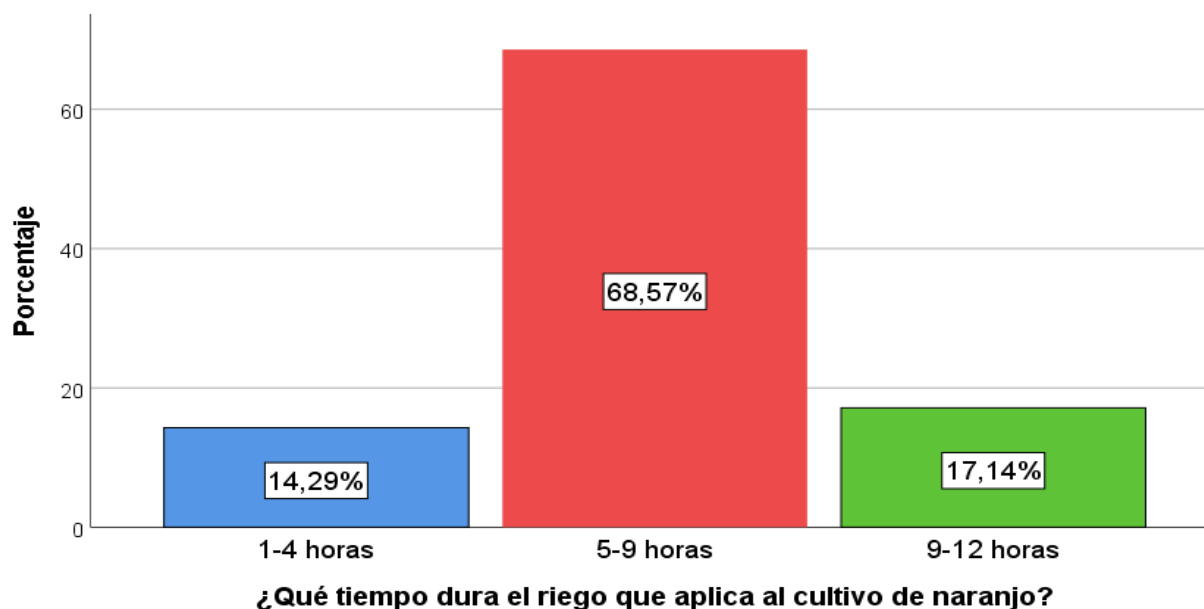
Fuente: Elaboración propia.

k. Tiempo de riego aplicado al cultivo de naranjas

En el gráfico 11, se presenta que la mayoría de los agricultores (68,57%) manifestó haber aplicado el riego con una duración de entre 5 a 9 horas, mientras que un 17,14% indicó que aplican entre 9 y 12 horas, y el 14,29% declaró que el riego dura de 1 a 4 horas. En esta pregunta realizada la mayoría de los agricultores indican un riego por un tiempo de 5 a 9 horas, esto debido a que el cultivo de cítricos tiene raíces profundas y a los tipos de suelo que presenta la zona de estudio.

Gráfico 11.

Tiempo de riego aplicado al cultivo de naranjas

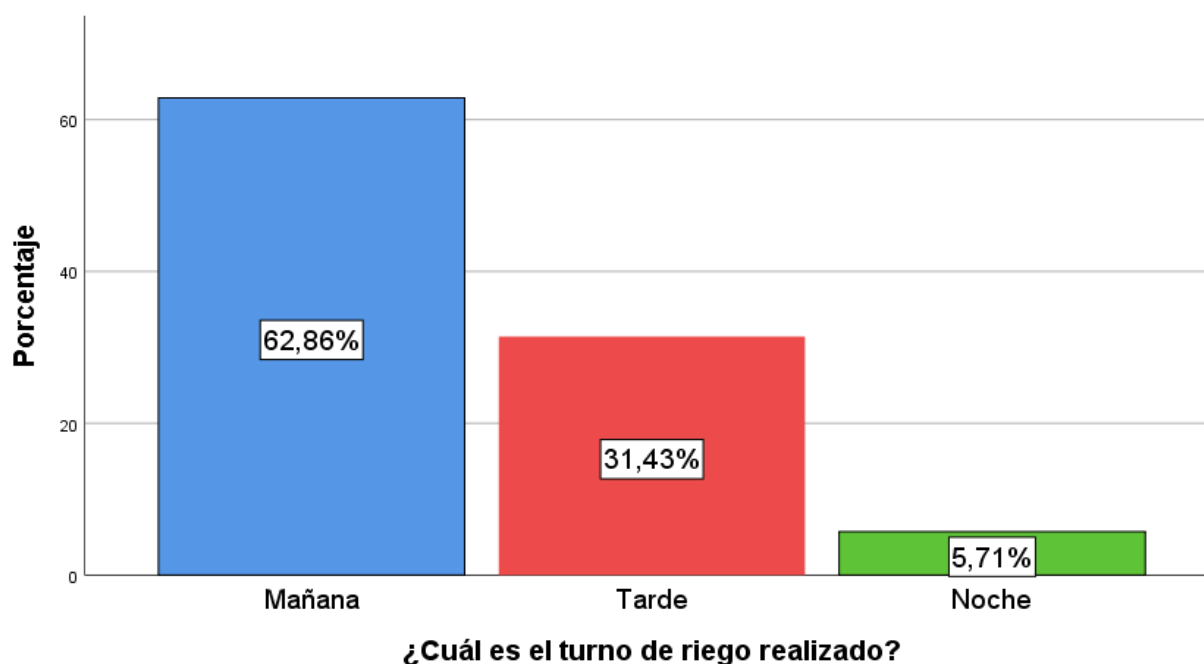


Fuente: Elaboración propia.

1. Turno de riego realizado

En el gráfico 12, se presenta el turno de riego efectuado por los agricultores. Se evidencia que la mayor parte de ellos realiza el riego en horas de la mañana (62,86%), lo cual refleja una preferencia por regar a primeras horas del día, posiblemente para disminuir las pérdidas por evaporación. Asimismo, el 31,43% de los encuestados manifestó que riega en el turno de la tarde, mientras que un 5,71% lo hacía durante la noche. El riego matutino predomina frente a los demás turnos, lo que confirma la tendencia a priorizar el riego en condiciones más favorables para la eficiencia en el uso del agua.

Gráfico 12.

Turno de riego realizado

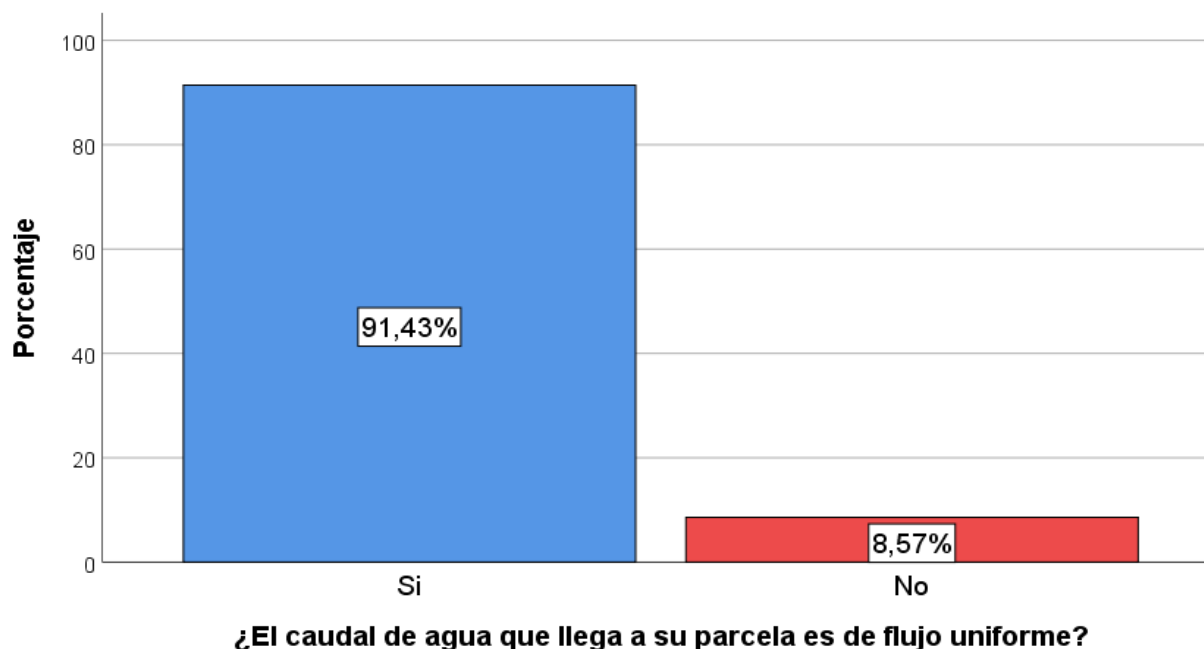
Fuente: Elaboración propia.

m. Uniformidad del caudal de agua de riego en la parcela del agricultor

En el gráfico 13, se presenta la uniformidad del caudal de agua de riego en las parcelas de los agricultores. Se evidencia que el 91,43% de ellos manifestó que el caudal era uniforme, lo cual reflejaba que la infraestructura de riego se encontraba en condiciones adecuadas para garantizar una correcta gestión del recurso hídrico. En contraste, solo el 8,57% indicó que el flujo no era uniforme. Asimismo, se ilustra esta distribución, confirmando que la gran mayoría de agricultores percibe un flujo constante y equilibrado en sus sistemas de riego, lo que contribuye a la eficiencia del uso del agua en las parcelas.

Gráfico 13.

Caudal de agua de riego en la parcela del agricultor



Fuente: Elaboración propia.

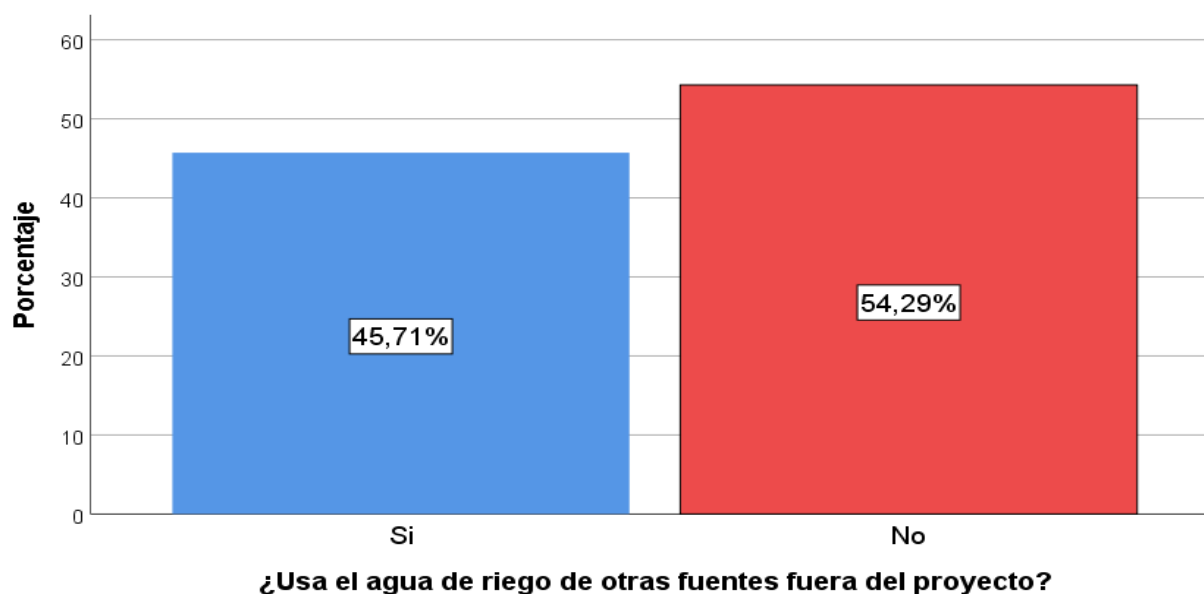
n. Uso el agua de otras fuentes fuera del proyecto

En el gráfico 14 se presenta el uso de agua de otras fuentes fuera del proyecto de riego. Se evidencia que una ligera mayoría de agricultores (54,29%) no utiliza fuentes adicionales, lo que refleja que el sistema principal de riego es suficiente para cubrir sus necesidades. En contraste, el 45,71% indicó que sí recurriría a fuentes externas para complementar el suministro de agua.

Asimismo, se confirma que más de la mitad de los agricultores depende exclusivamente del proyecto, mientras que una proporción significativa aún busca alternativas de abastecimiento hídrico fuera de la zona de estudio.

Gráfico 14.

Uso el agua de otras fuentes fuera del proyecto



Fuente: Elaboración propia

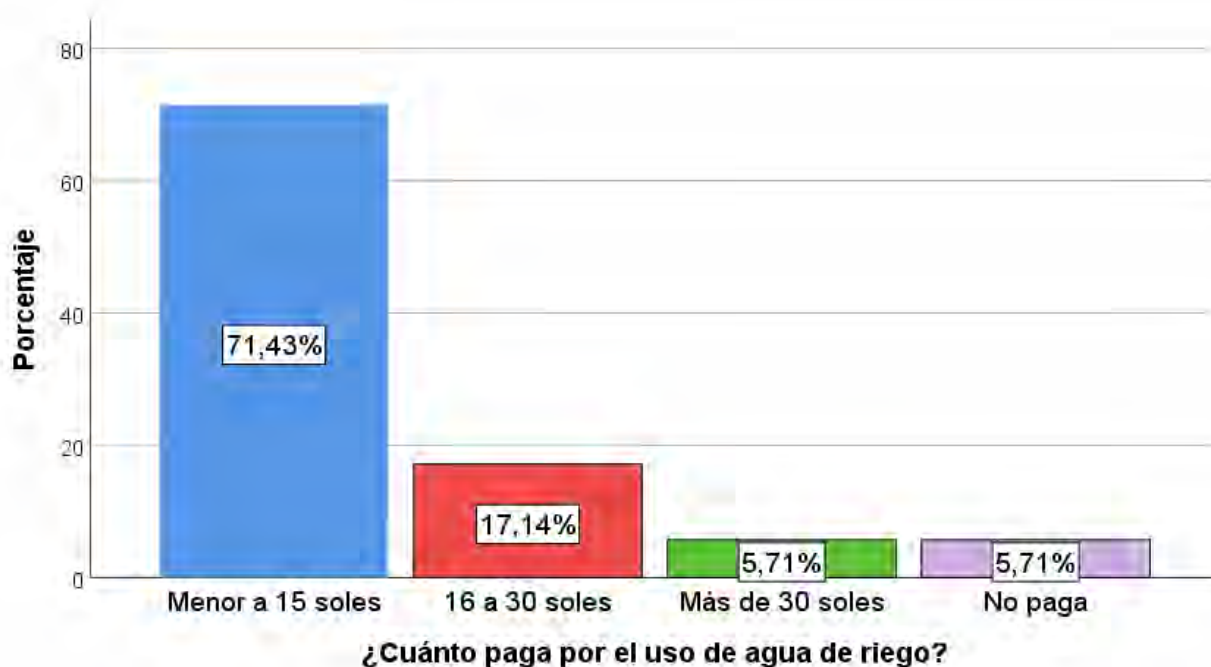
o. Pago por uso del agua de riego

En el gráfico 15 se presenta la distribución de los pagos realizados por el uso de agua de riego. Se evidenció que la mayoría de agricultores (71,43%) pagaba un monto menor a 15 soles, mientras que un 17,14% indicó que abonaba entre 16 a 30 soles. Por otro lado, un 5,71% manifestó que paga más de 30 soles y otro 5,71% declaró que no realiza ningún pago por este servicio.

El gráfico muestra que la gran mayoría de los agricultores paga una suma de 15 soles por media hectárea, lo cual se debe a que la zona de estudio se caracteriza por la presencia de pequeñas áreas de cultivo o minifundios.

Gráfico 15.

Pago por el uso del agua de riego



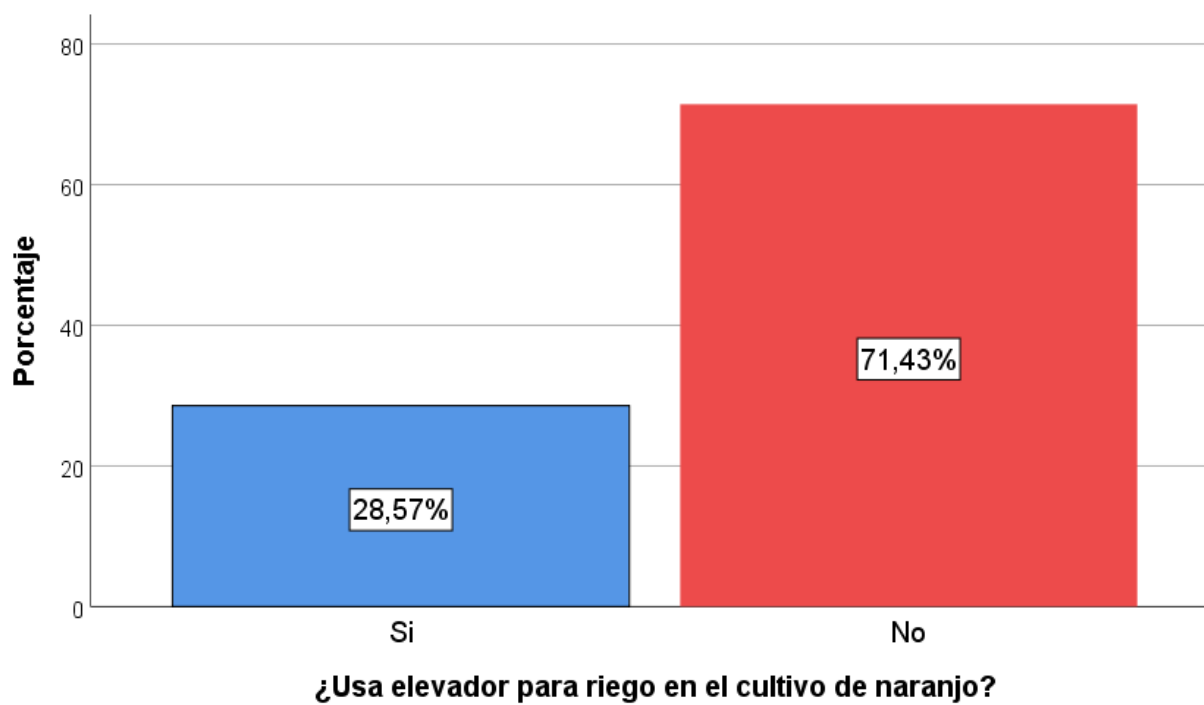
Fuente: Elaboración propia.

p. Uso de elevador de agua para riego

En el gráfico 16, se presenta el uso de elevadores de agua para el riego en el cultivo de naranjas. Se evidencia que la mayoría de agricultores (71,43%) no utiliza este tipo de equipo, mientras que un 28,57% manifestó que sí recurre a elevadores metálicos en forma tripode para conducir el agua de riego.

El gráfico ilustra esta distribución, evidenciando que predomina la práctica de riego sin el uso de elevadores mecanizados. Se observa que la mayoría de los agricultores emplea tutores alternativos, como palos de madera, para sostener los aspersores; mientras que un menor porcentaje de productores complementa su sistema utilizando elevadores metálicos.

Gráfico 16.

Uso de elevador de agua para riego

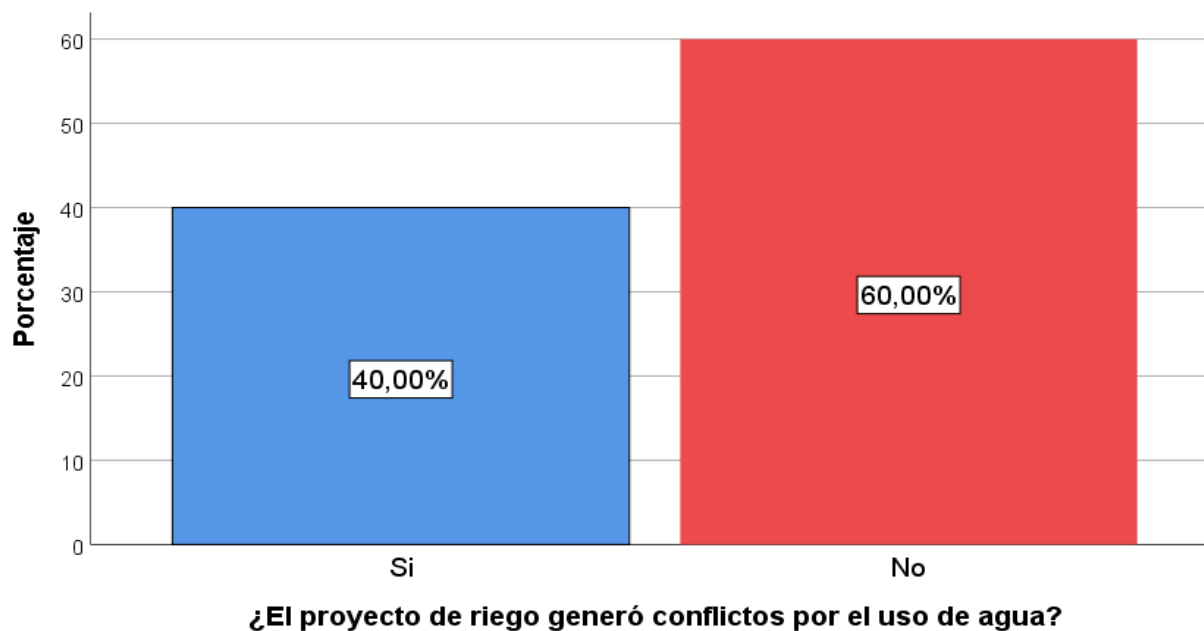
Fuente: Elaboración propia.

q. Conflictos por uso de agua para riego

En el gráfico 17, se presenta la percepción de los agricultores respecto a los conflictos por el uso de agua de riego. Se evidencia que el 60,00% de los encuestados manifestó que el proyecto no había generado conflictos, mientras que un 40,00% indicó que sí existieron problemas. Estos conflictos estuvieron relacionados principalmente con la mala distribución del agua, los costos de mantenimiento y los cambios en las prácticas de riego. Esto confirma que aunque la mayoría no reportó dificultades por el uso de agua de riego, una proporción significativa de agricultores sí experimentó tensiones vinculadas a la gestión del recurso hídrico.

Gráfico 17.

Conflictos por uso de agua para riego



Fuente: Elaboración propia.

5.1.2. Nivel de producción de cítricos

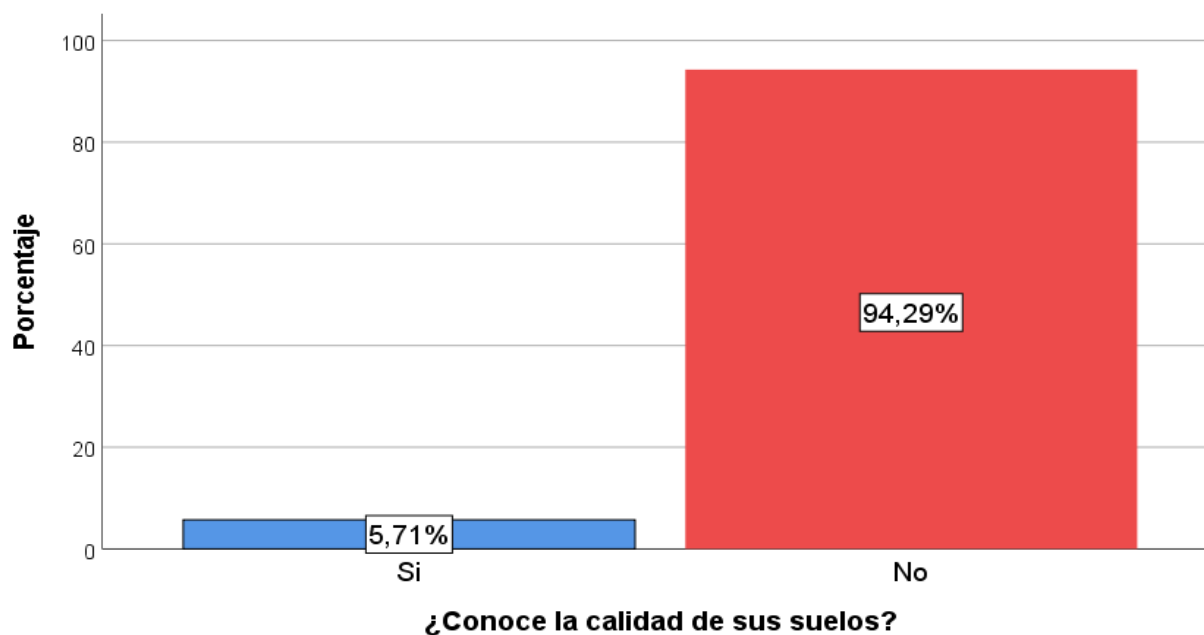
a. Conocimiento de la calidad de sus suelos

En el gráfico 18, se presenta el nivel de conocimiento de los agricultores sobre la calidad de sus suelos referente a la fertilidad del suelo. Se evidencia que la gran mayoría (94,29%) manifestó no conocer las características de sus suelos de cultivo, mientras que solo un 5,71% indicó que sí tiene conocimiento al respecto. Esta situación refleja una limitación importante, dado que el conocimiento de la calidad del suelo era fundamental para orientar prácticas adecuadas de fertilización y mejorar la producción de cítricos.

El gráfico muestra que predomina el desconocimiento sobre la calidad de los suelos, especialmente en cuanto a su textura, lo que evidencia un inadecuado manejo del riego por aspersión en la zona de estudio.

Gráfico 18.

Conocimiento de la calidad de sus suelos



Fuente: Elaboración propia.

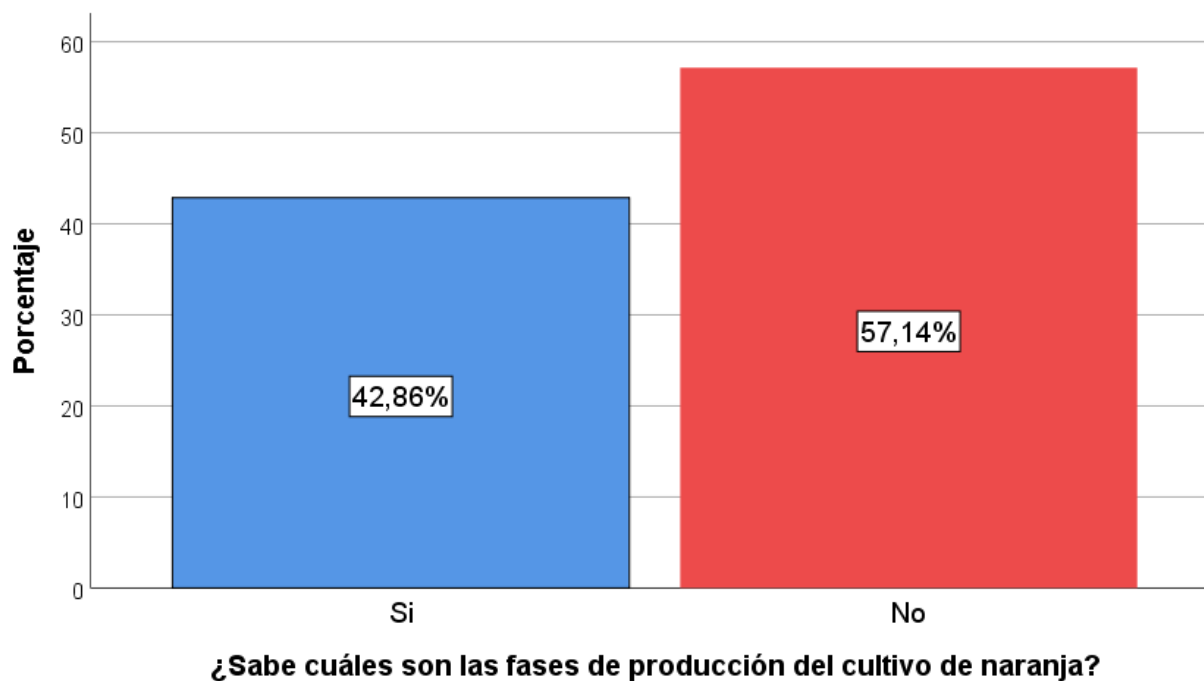
b. Conocimiento sobre las fases de producción del cultivo de naranja

El gráfico 19, se muestra el conocimiento acerca de las fases de producción del cultivo de naranja (plantación, crecimiento y desarrollo, floración, cuajado, maduración del fruto), con una respuesta predominante de los encuestados que no conoce técnicamente el proceso y solamente se tiene un conocimiento empírico sobre las fases de crecimiento de los frutos.

El gráfico siguiente muestra los resultados de la encuesta sobre el conocimiento de las fases de producción del cultivo de naranjo, en la que el 57.14% manifestó que no conoce sobre dichas fases de producción, mientras que el 42.86% declaró que si tiene conocimiento.

Gráfico 19.

Conocimiento sobre las fases de producción del cultivo de naranja



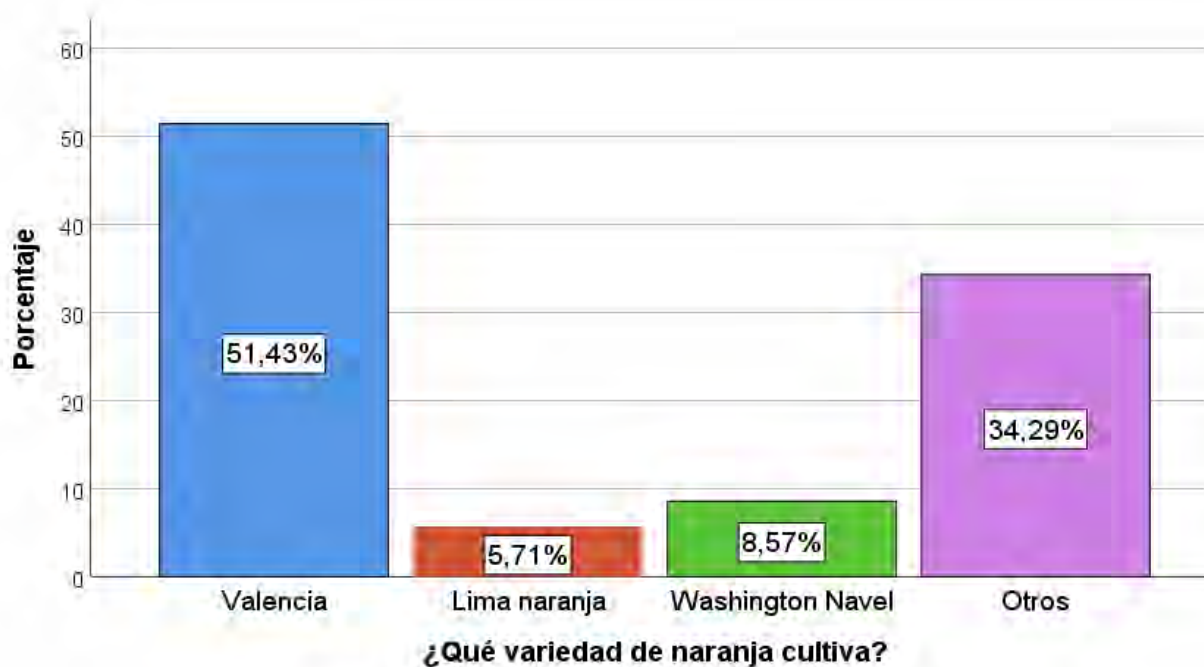
Fuente: Elaboración propia.

c. Variedades de naranja cultivadas

En el gráfico 20, se presenta las variedades de naranja cultivadas en la zona de estudio. Se evidencia que la mayoría de agricultores (51,43%) cultivaba la variedad Valencia, mientras que un 34,29% manifestó dedicarse a otras variedades. Por su parte, un 8,57% declaró cultivar Washington Navel y un 5,71% indicó que cultivaba Lima naranja.

El gráfico ilustra esta distribución, evidenciando que la variedad de naranja Valencia es la más predominante en las parcelas, lo que podría deberse a su mayor aceptación en el mercado y a su buena adaptación a las condiciones locales.

Gráfico 20.

Variedades de naranja cultivadas

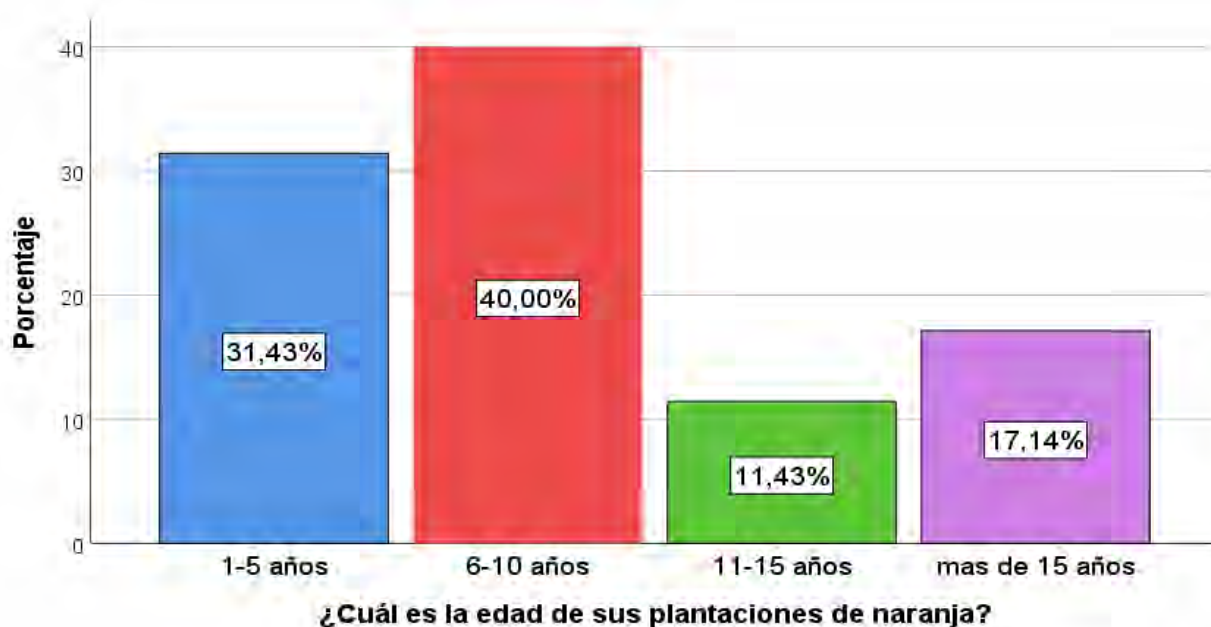
Fuente: Elaboración propia.

d. Edad de plantaciones de naranja

En el gráfico 21, se presenta la edad de las plantaciones de naranja en la zona de estudio. Se evidencia que la mayor proporción de agricultores (40,00%) tenía cultivos con una edad de 6 a 10 años, mientras que un 31,43% declaró que sus plantaciones tenían entre 1 a 5 años. Por otro lado, el 11,43% indicó que sus cultivos tenían entre 11 y 15 años, y un 17,14% manifestó que sus plantaciones superaban los 15 años.

El gráfico ilustra esta distribución, evidenciando que predominan las plantaciones en etapas intermedias de desarrollo, lo que refleja un proceso continuo de renovación y expansión del cultivo de naranjas.

Gráfico 21.

Edad de plantaciones de naranja

Fuente: Elaboración propia.

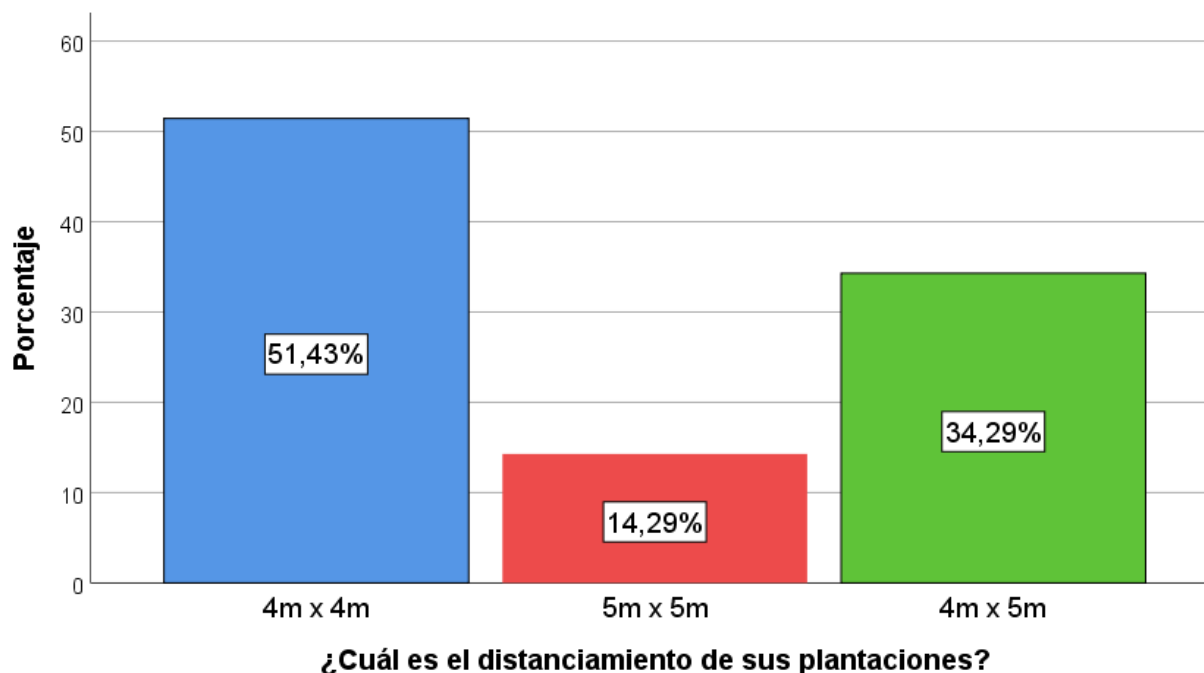
e. Distanciamiento de plantación del cultivo de naranja

En el gráfico 22, se presenta el distanciamiento de plantación del cultivo de naranja en las parcelas de los agricultores. Se evidencia que la mayoría (51,43%) mantiene un distanciamiento de 4 m x 4 m, mientras que un 34,29% manifestó que utilizaba un espaciamiento de 4 m x 5 m. Por su parte, solo un 14,29% declaró que sus plantaciones estaban dispuestas a 5 m x 5 m.

En el gráfico se ilustra esta distribución, confirmando que el distanciamiento de plantación más frecuente es el de 4 m x 4 m, lo que refleja una estrategia comúnmente adoptada para optimizar el uso del espacio y facilitar el manejo del cultivo. Al mismo tiempo, las variantes de 4 m x 5 m y 5 m x 5 m mostraban la existencia de diferentes prácticas agrícolas adaptadas a las condiciones y necesidades particulares de cada productor.

Gráfico 22.

Distanciamiento de plantación del cultivo de naranja



Fuente: Elaboración propia.

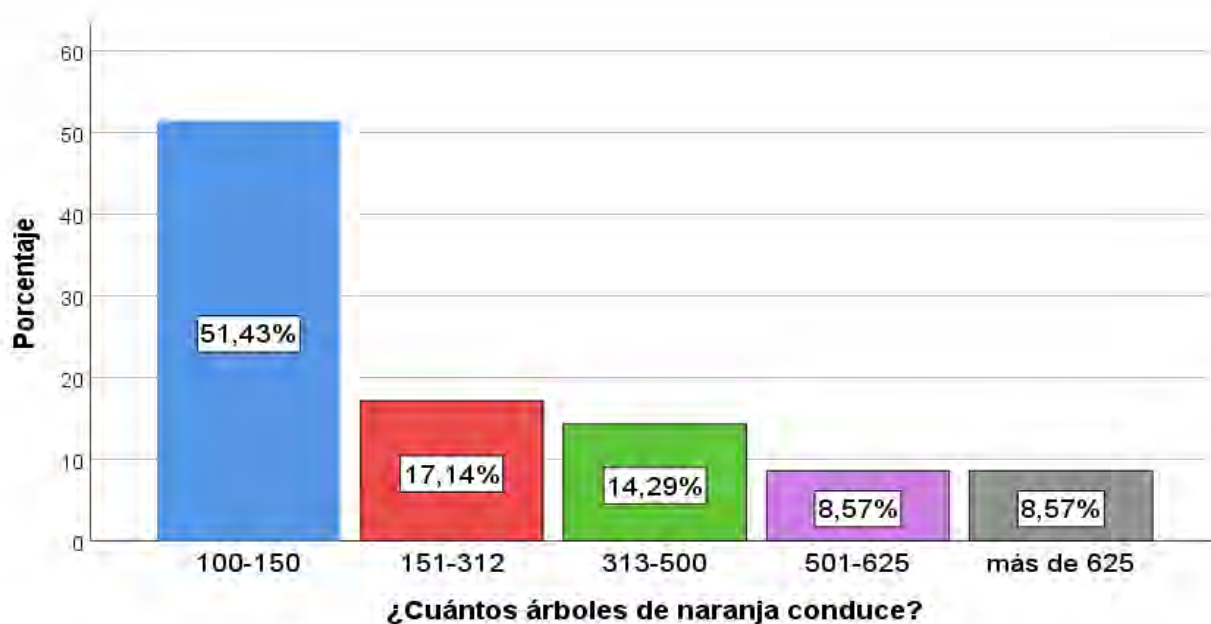
f. Número de árboles de naranja conducidos

En el gráfico 23, se presenta la cantidad de árboles de naranja manejados por los agricultores. Se observa que la mayoría (51,43 %) posee entre 100 y 150 árboles (aproximadamente 0,25 ha), lo que refleja un tamaño de operación pequeño a moderado. Asimismo, un 17,14 % declaró conducir entre 151 y 312 árboles (0,50 ha), mientras que un 14,29 % maneja entre 313 y 500 árboles (0,75 ha). Por su parte, un 8,57 % indicó tener entre 501 y 625 árboles (1,00 ha) y otro 8,57 % reportó más de 625 árboles (mayores a 1 ha).

El gráfico ilustra que la mayoría de los agricultores cuenta con un número reducido de árboles, aunque también se identifican productores con plantaciones de mayor extensión, lo que evidencia la heterogeneidad en el tamaño de las unidades productivas de la zona de estudio.

Gráfico 23.

Número de árboles de naranja conducidos



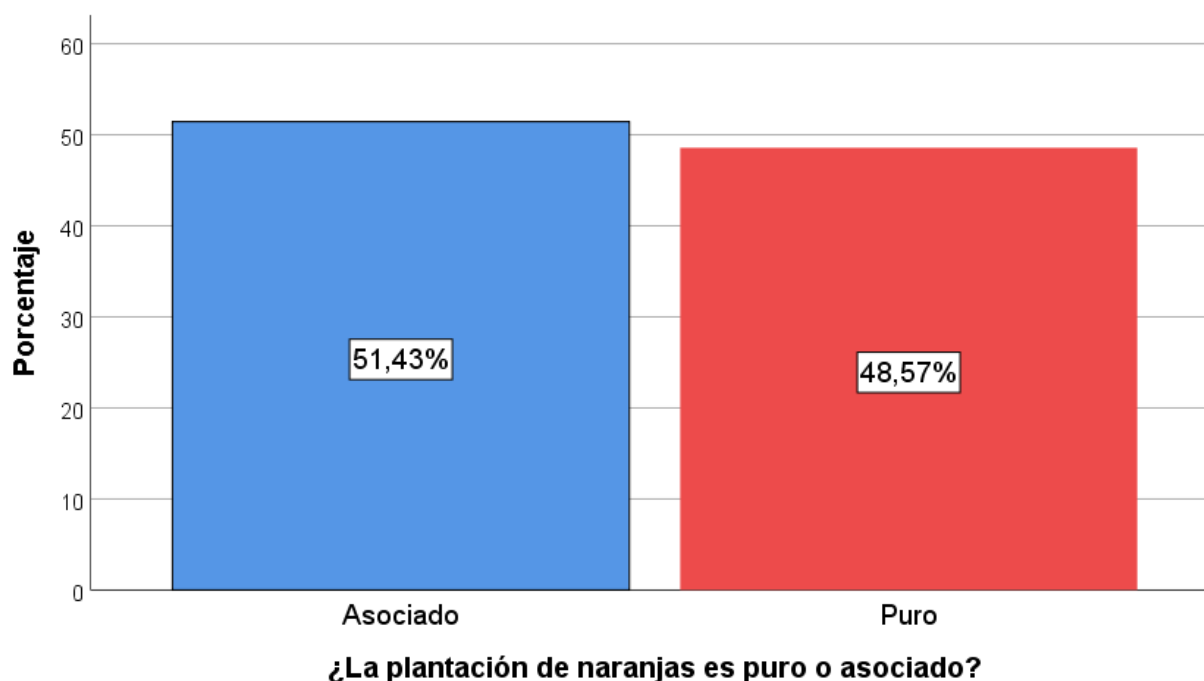
Fuente: Elaboración propia.

g. Sistema de plantación de naranjas

En el gráfico 24, se presenta el sistema de plantación de naranjas utilizado por los agricultores. Se evidencia que el 51,43 % de ellos mantiene cultivos asociados con otras especies, mientras que el 48,57 % cuenta con plantaciones puras, es decir, dedicadas exclusivamente al cultivo de naranja.

El gráfico ilustra un equilibrio entre ambos sistemas de manejo, lo que refleja la diversidad de prácticas agrícolas adoptadas por los productores en la zona de estudio.

Gráfico 24.

Sistema de plantación de naranjas

Fuente: Elaboración propia.

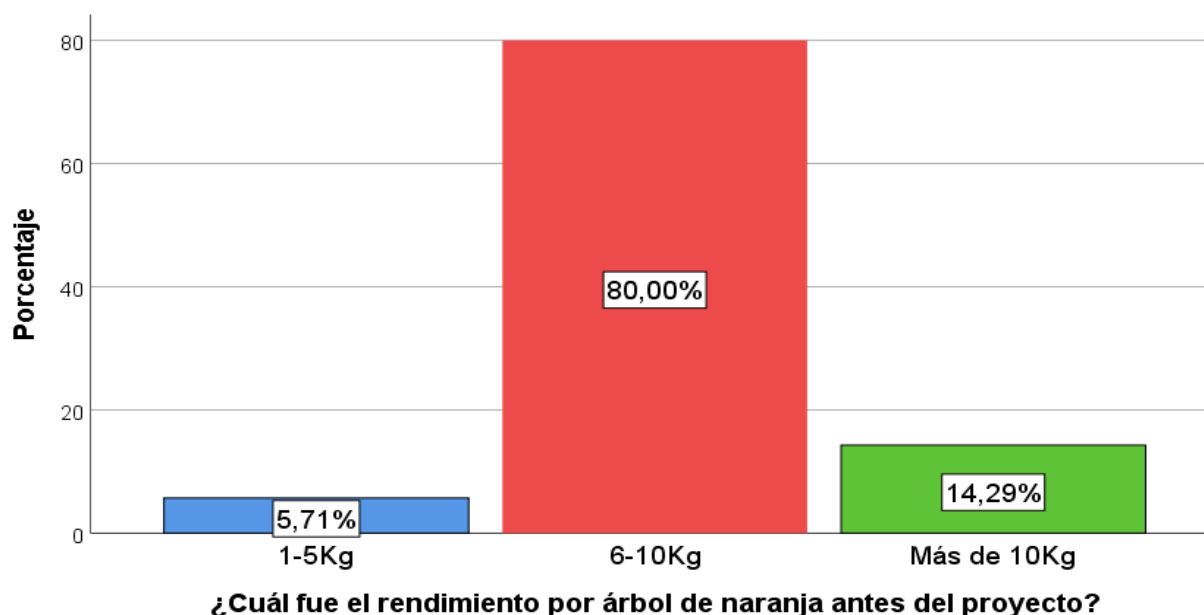
h. Rendimiento de naranja por árbol antes del proyecto

En el gráfico 25, se presenta el rendimiento de naranja por árbol antes de la implementación del proyecto. Se observa que la mayoría de los agricultores (80,00 %) obtenía entre 6 y 10 kg por árbol, mientras que un 14,21 % alcanzaba rendimientos superiores a 10 kg por árbol. En contraste, solo un 5,71 % reportaba producciones bajas, de entre 1 y 5 kg por árbol.

En general, la mayoría de los agricultores encuestados señaló que su producción por planta se limita a un rango de 6 a 10 kg, lo que evidencia un rendimiento considerablemente bajo respecto al potencial productivo del cultivo.

Gráfico 25.

Rendimiento de naranja por árbol antes del proyecto



Fuente: Elaboración propia.

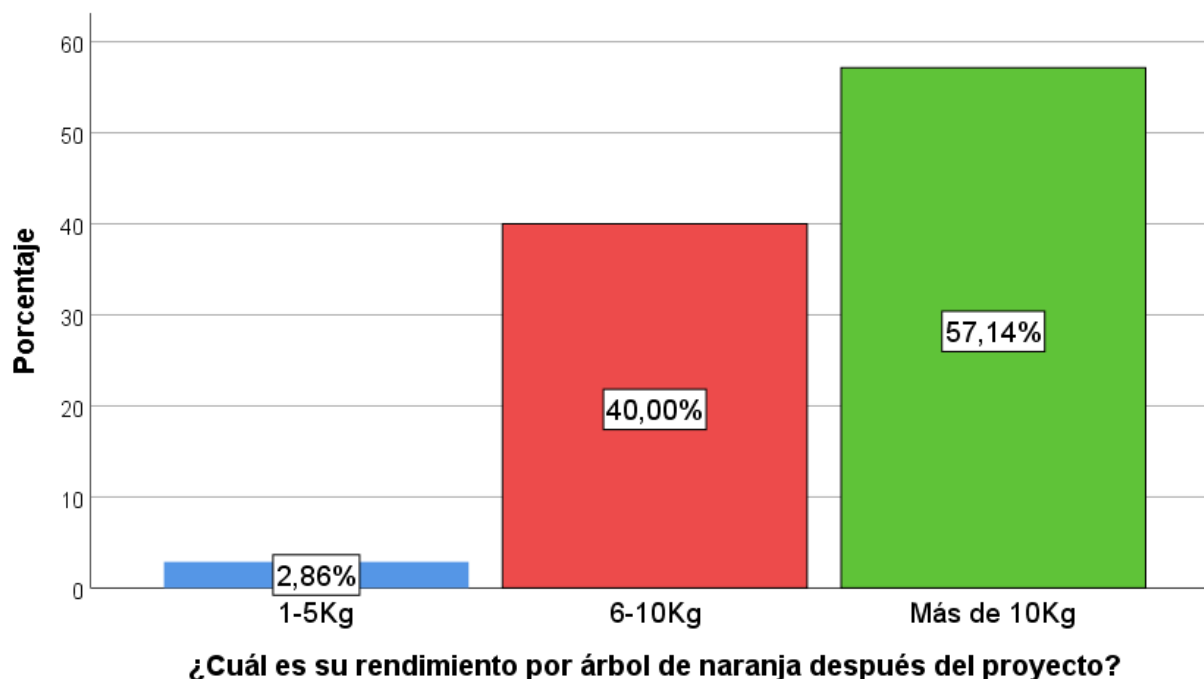
i. Rendimiento de naranja por árbol con riego

En el gráfico 26, se presenta el rendimiento de naranja por árbol después de la implementación del proyecto con la aplicación del sistema de riego. Los resultados muestran que los rendimientos se concentran principalmente en el rango de 6 a 10 kg por árbol, lo que indica un nivel productivo aún limitado en la mayoría de las parcelas. No obstante, se evidencia una mejora considerable respecto a la situación previa, ya que el 57,14 % de los agricultores reportó rendimientos superiores a 10 kg por árbol. Asimismo, un 40,00 % indicó producciones de 6 a 10 kg, mientras que solo un 2,86 % manifestó obtener entre 1 y 5 kg por árbol.

El gráfico ilustra estos resultados, confirmando que, tras la ejecución del proyecto, la mayoría de los productores logró alcanzar mayores niveles de productividad, lo que demuestra el impacto positivo de la implementación del riego en el rendimiento del cultivo de naranja.

Gráfico 26.

Rendimiento de naranja por árbol con riego



Fuente: Elaboración propia.

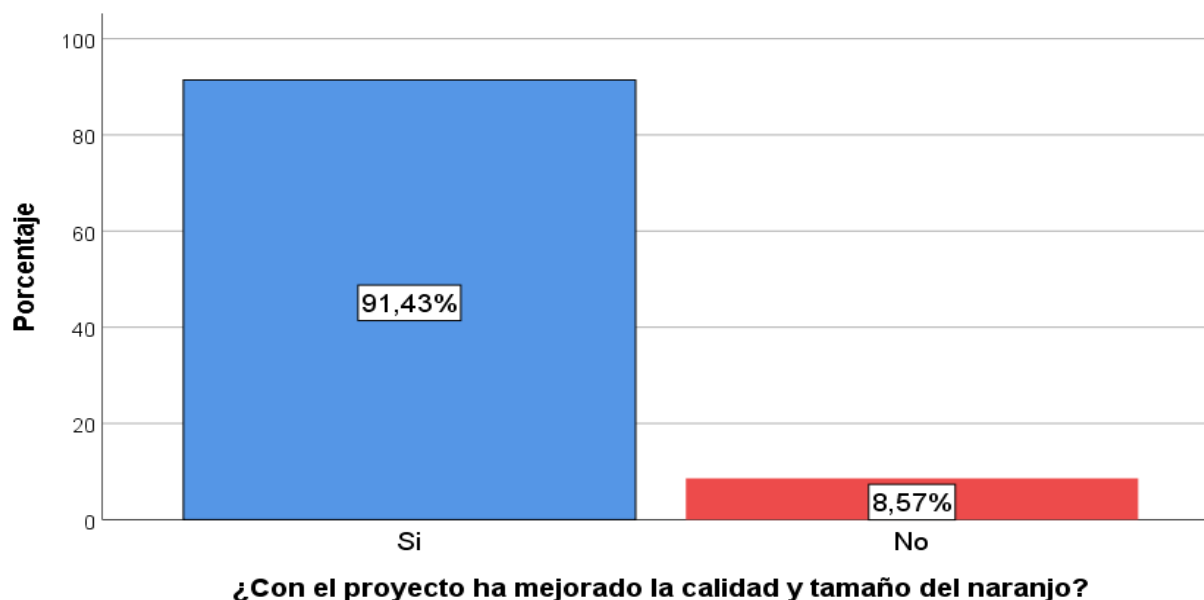
j. Mejoramiento de la calidad y tamaño de la naranja

En el gráfico 27, se presenta la percepción de los agricultores sobre la mejora en la calidad y el tamaño de la naranja después de la implementación del proyecto. Se evidencia que la gran mayoría (91,43 %) manifestó que ambos atributos del fruto habían mejorado, mientras que solo un 8,57 % indicó no haber observado ningún cambio.

El gráfico ilustra esta distribución, confirmando que la ejecución del proyecto generó un impacto positivo en la producción, reflejado en la mejora de las características físicas y comerciales del fruto de naranjo.

Gráfico 27.

Mejoramiento de la calidad y tamaño de la naranja



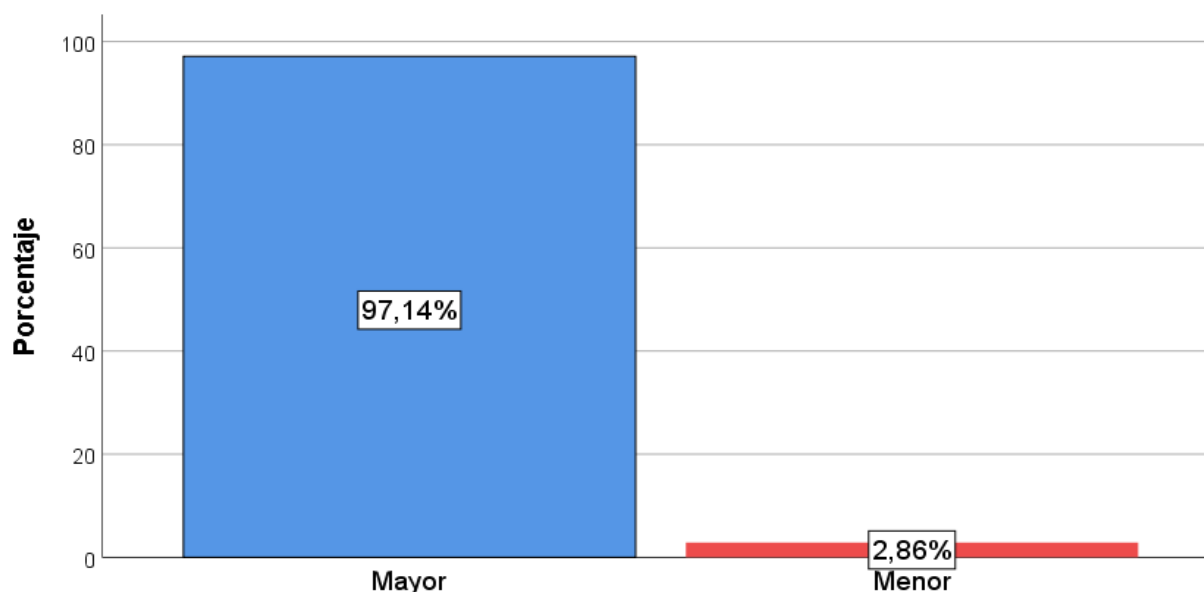
Fuente: Elaboración propia.

k. Incidencia de plagas y enfermedades

El gráfico 28, ilustra esta situación, confirmando que, pese a los avances alcanzados con el proyecto, persiste una elevada problemática fitosanitaria que continúa afectando el cultivo de naranja en la zona de estudio. Esta alta incidencia de plagas y enfermedades se debe principalmente a la presencia de la mosca de la fruta, cuya diseminación fue muy rápida debido al incremento de la producción de frutos.

Además, se evidencia la propagación de hongos fitopatógenos como la gomosis, cuya diseminación ocurre a través del agua de riego. En consecuencia, el gráfico muestra una incidencia elevada, con un 97,14 % de los agricultores encuestados que reportaron la presencia de plagas y enfermedades en sus parcelas.

Gráfico 28.

Incidencia de plagas y enfermedades

¿Con el proyecto es mayor o menor la incidencia de plagas y enfermedades?

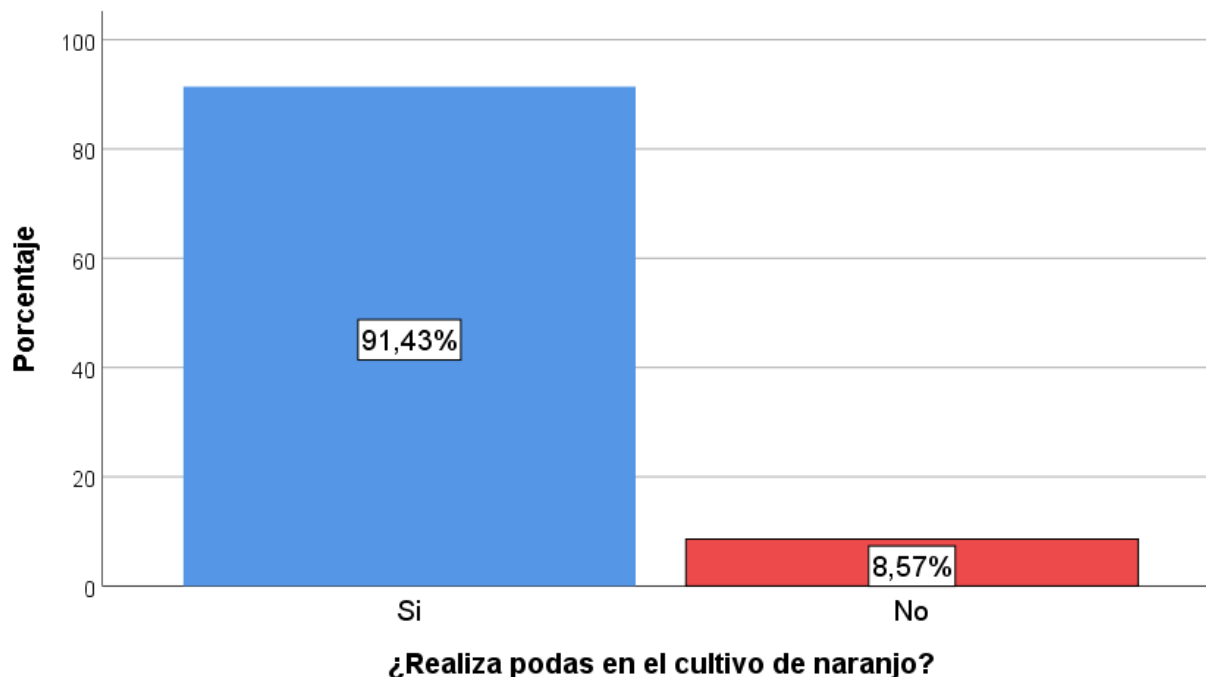
Fuente: Elaboración propia.

1. Realización de podas

En el gráfico 29, se presenta la práctica de podas en el cultivo de naranjo. Se evidenció que la gran mayoría de agricultores (91,43%) manifestó que sí realizaba podas en sus plantaciones, mientras que solo un 8,57% indicó que no las efectuaba. Esta práctica resultaba fundamental para el mantenimiento de los árboles, ya que contribuía al control de plagas y al incremento de la productividad del cultivo.

El gráfico ilustra esta distribución, confirmando que la poda fue una actividad ampliamente adoptada por los productores de naranja en la zona de estudio.

Gráfico 29.

Realización de podas

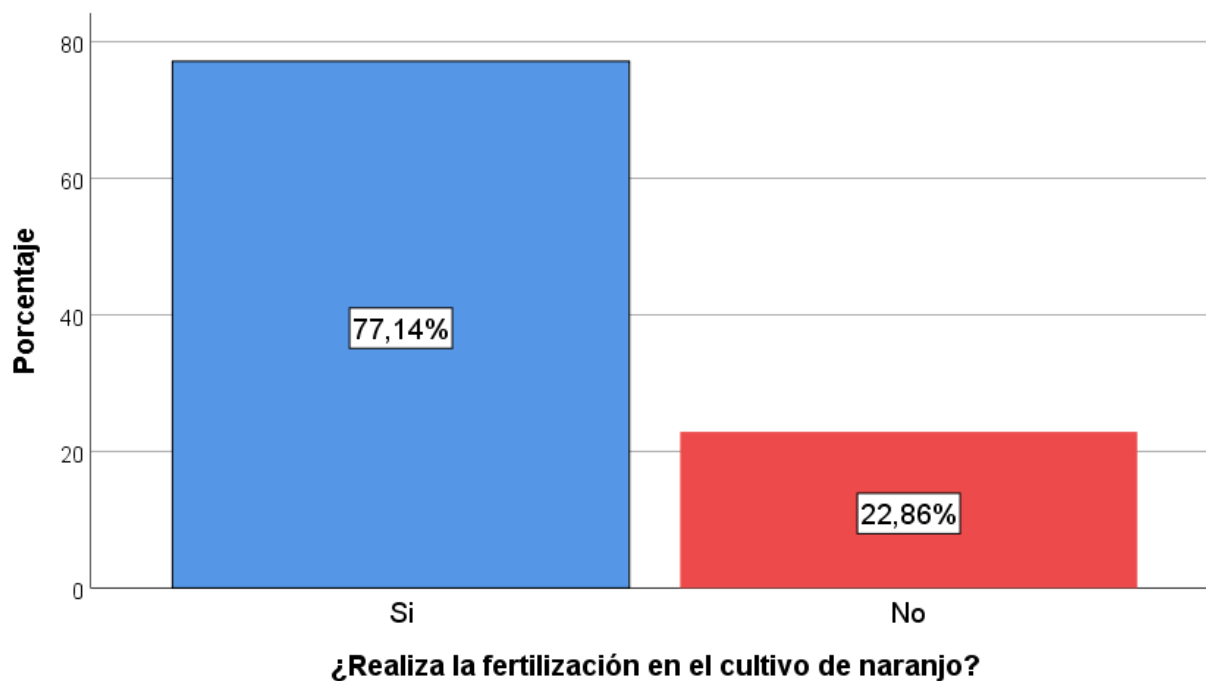
Fuente: Elaboración propia.

m. Fertilización del cultivo de naranjo

En el gráfico 30, se presenta la práctica de fertilización en el cultivo de naranjo. Se evidenció que más de las dos terceras partes de los agricultores (77,14 %) manifestaron aplicar fertilización en sus plantaciones, mientras que un 22,86 % indicó que no realizaba esta labor. Esta práctica resulta fundamental, ya que permite asegurar una adecuada nutrición de las plantas y, por ende, favorecer su crecimiento y productividad.

En este sentido, la mayoría de los productores señaló que incorpora la fertilización como parte de sus prácticas agrícolas, lo cual contribuye significativamente al fortalecimiento del cultivo. Asimismo, los fertilizantes más utilizados por los agricultores son: guano de isla, urea, superfosfato triple de calcio y cloruro de potasio, insumos que aportan los principales nutrientes requeridos por el naranjo para su desarrollo óptimo.

Gráfico 30.

Fertilización del cultivo de naranjo

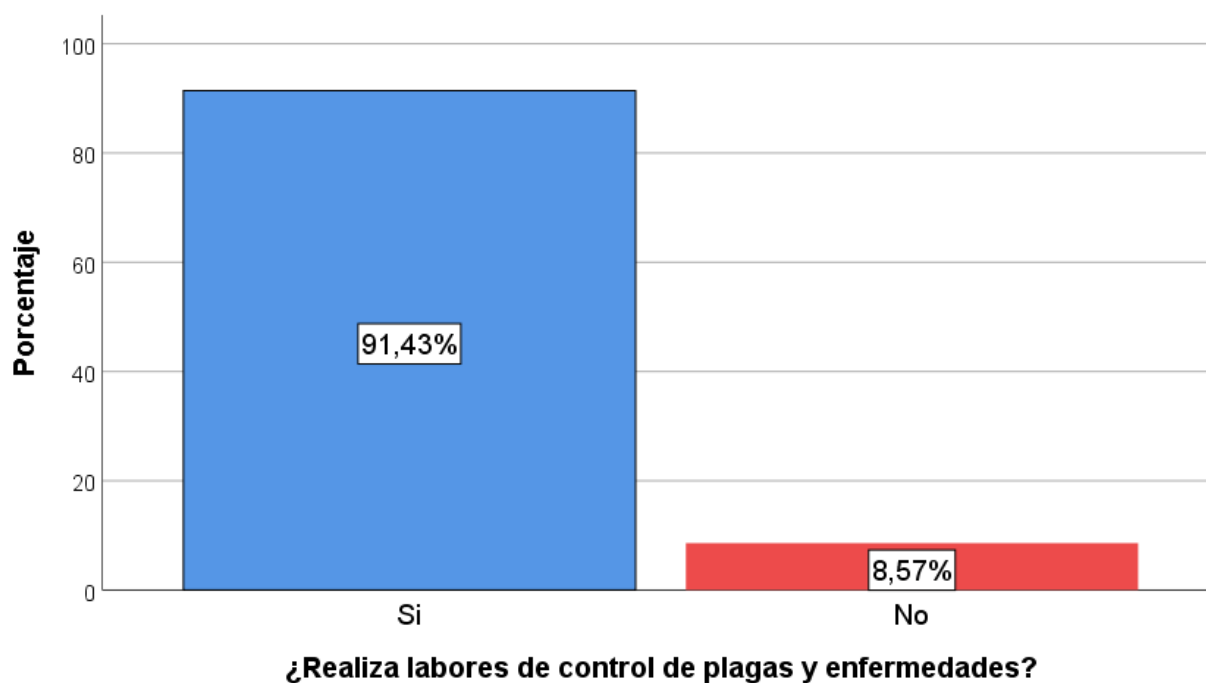
Fuente: Elaboración propia.

n. Realización de labores de control de plagas y enfermedades

En el gráfico 31, se presenta la realización de labores de control de plagas y enfermedades en el cultivo de naranjo. Se evidenció que la gran mayoría de agricultores (91,43%) manifestó que realiza labores de control de plagas y enfermedades, mientras que solo un 8,57% indicó que no las realiza. Estas labores resultan fundamentales para prevenir daños en el cultivo y garantizar mejores niveles de productividad.

Gráfico 31.

Realización de labores de control de plagas y enfermedades



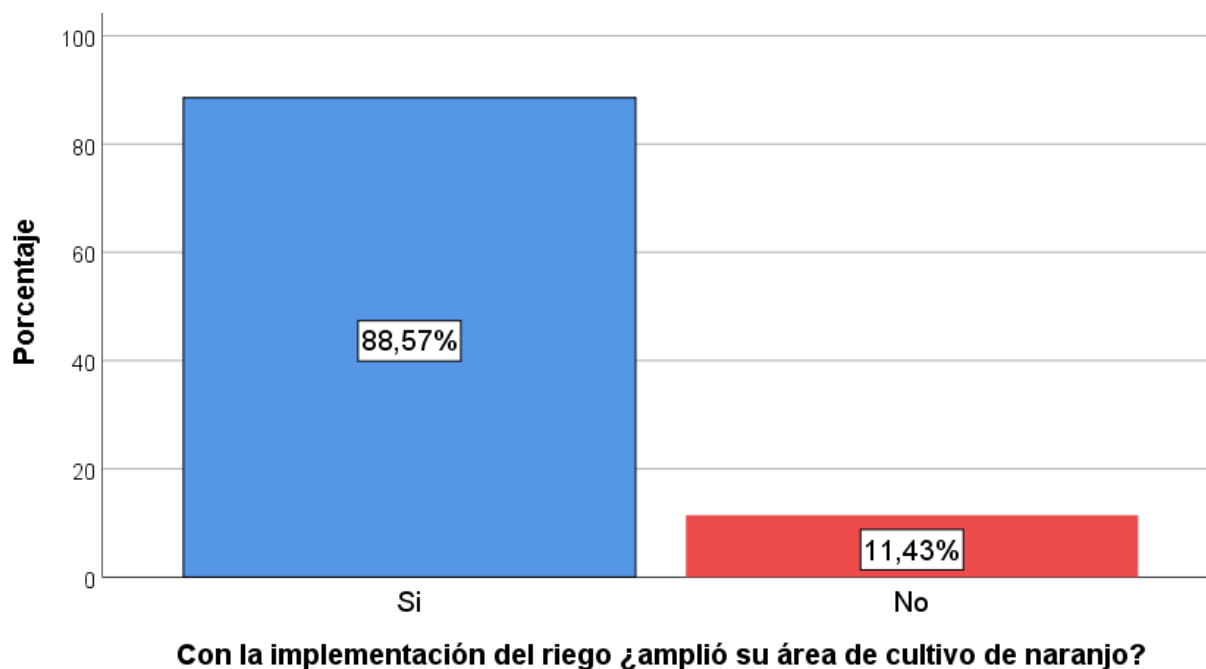
Fuente: Elaboración propia.

o. Ampliación de áreas de cultivo de naranja con el proyecto

En el gráfico 32, se presenta la ampliación de áreas de cultivo de naranja con la ejecución del proyecto. Se evidencia que la gran mayoría de agricultores (88,57%) manifestó que amplió sus áreas de cultivo, mientras que solo un 11,43% indicó que no amplió. Esta expansión estuvo asociada a la necesidad de mejorar la producción, aun cuando las parcelas se encontraban fragmentadas por el minifundio.

Gráfico 32.

Ampliación de áreas de cultivo de naranja con el proyecto

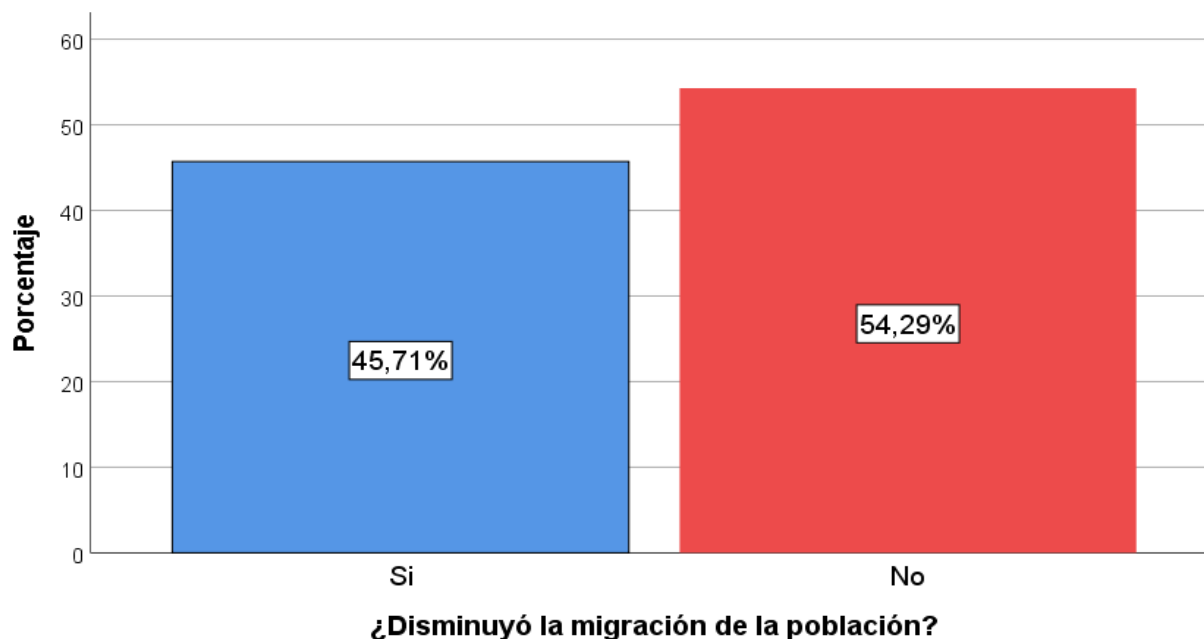


Fuente: Elaboración propia.

p. Migración de la población rural

En el gráfico 33, se presenta la percepción de los agricultores sobre la migración de la población rural en la zona de estudio. Se evidenció que el 54,29% manifestó que no se había reducido la migración, mientras que un 45,71% indicó que sí se observó una disminución.

Gráfico 33.

Migración de la población rural

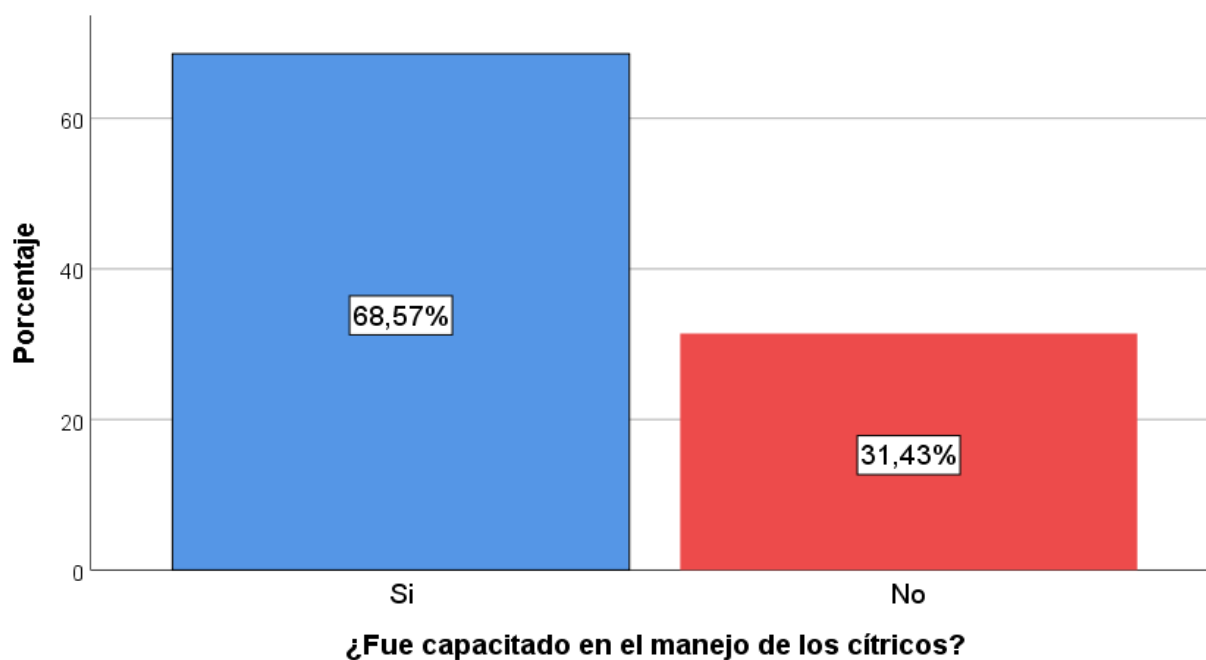
Fuente: Elaboración propia.

5.1.3. Organización para la operación del sistema de riego

a. Capacitación en el manejo de los cítricos

En el gráfico 34, se presenta el acceso a la capacitación en el manejo de cítricos por parte de los agricultores. Se evidenció que la mayoría (68,57%) manifestó haber recibido capacitación, mientras que un 31,43% indicó que no la había recibido. Este aspecto resultaba fundamental, ya que el nivel de producción dependía en gran medida del conocimiento técnico adquirido sobre las prácticas de cultivo.

Gráfico 34.

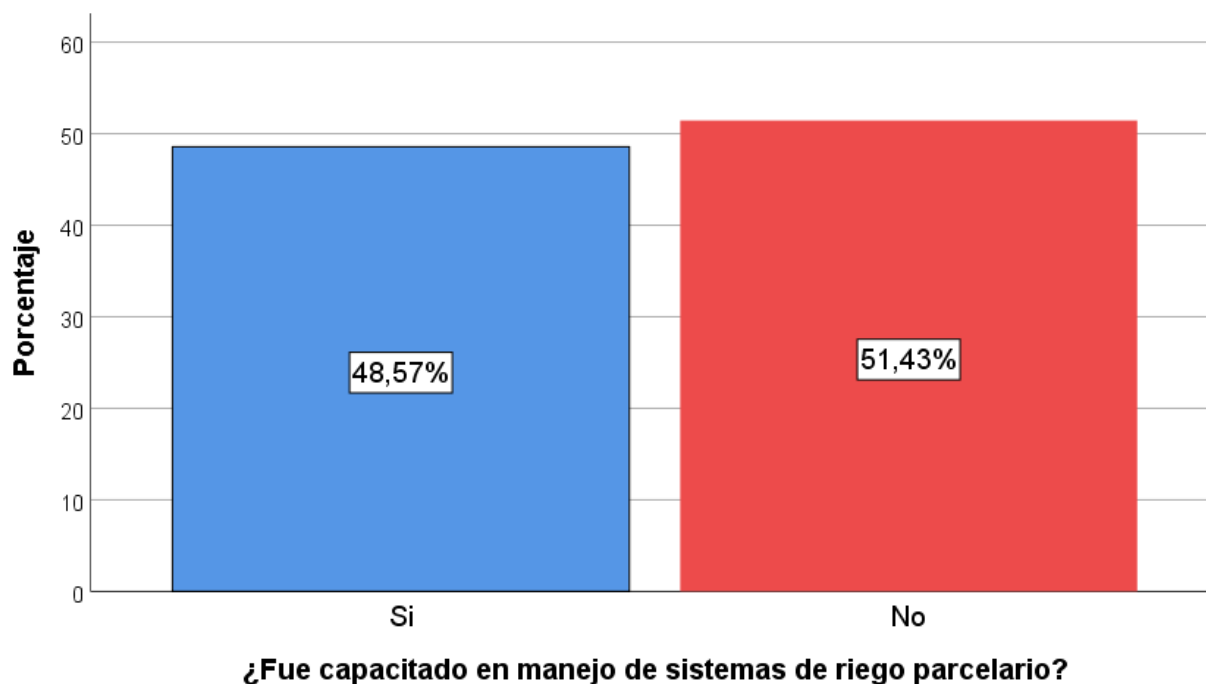
Capacitación en el manejo de los cítricos

Fuente: Elaboración propia.

b. Capacitación en manejo de sistemas de riego parcelario

En el gráfico 35, se presenta la capacitación en el manejo de sistemas de riego parcelario. Se evidencia que una ligera mayoría de agricultores (51,43%) manifestó que no había recibido capacitación en esta área, mientras que el 48,57% indicó que sí fue capacitado. Esta situación reflejaba una brecha de formación técnica, dado que el conocimiento en sistemas de riego parcelario era crucial para optimizar el uso del agua y mejorar la productividad.

Gráfico 35.

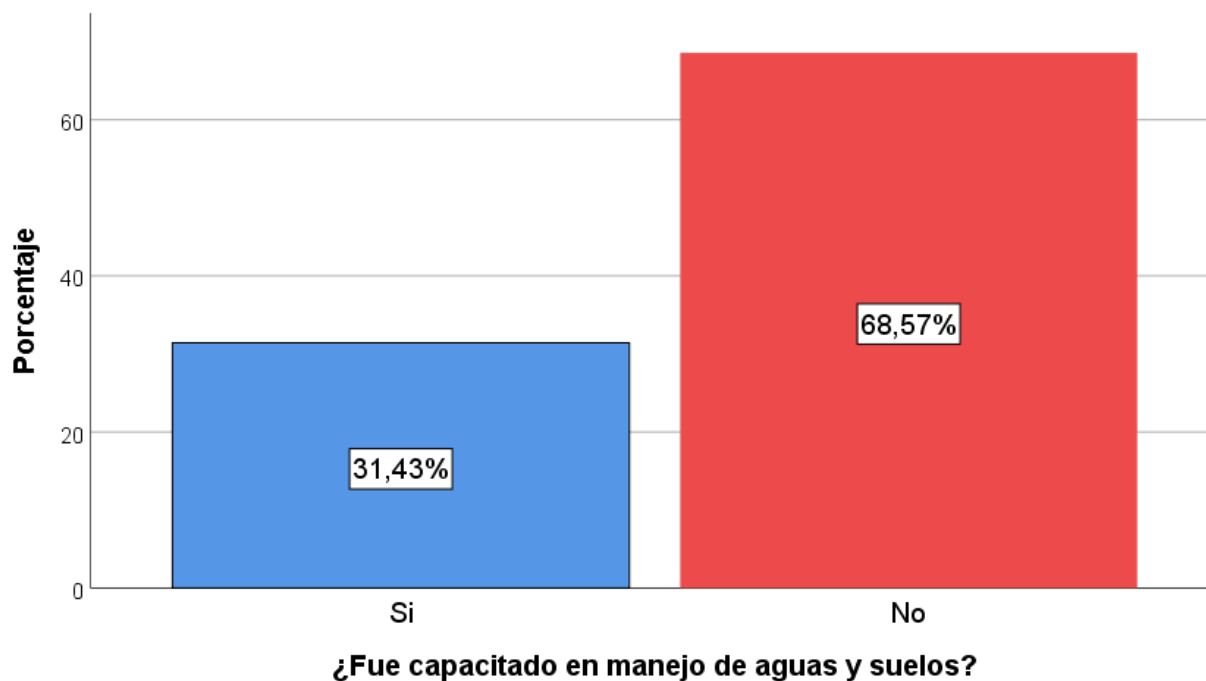
Capacitación en manejo de sistemas de riego parcelario

Fuente: Elaboración propia.

c. Capacitación en manejo de aguas y suelos

En el gráfico 36, se muestra la capacitación en el manejo de aguas y suelos. Se evidencia que la mayoría de los agricultores (68,57%) manifestó que no había recibido capacitación en estos temas, mientras que sólo un 31,43% indicó que sí fue capacitado. Esta situación refleja una limitación importante, dado que el manejo adecuado del agua y la conservación del suelo son aspectos esenciales para garantizar la sostenibilidad del proyecto.

Gráfico 36.

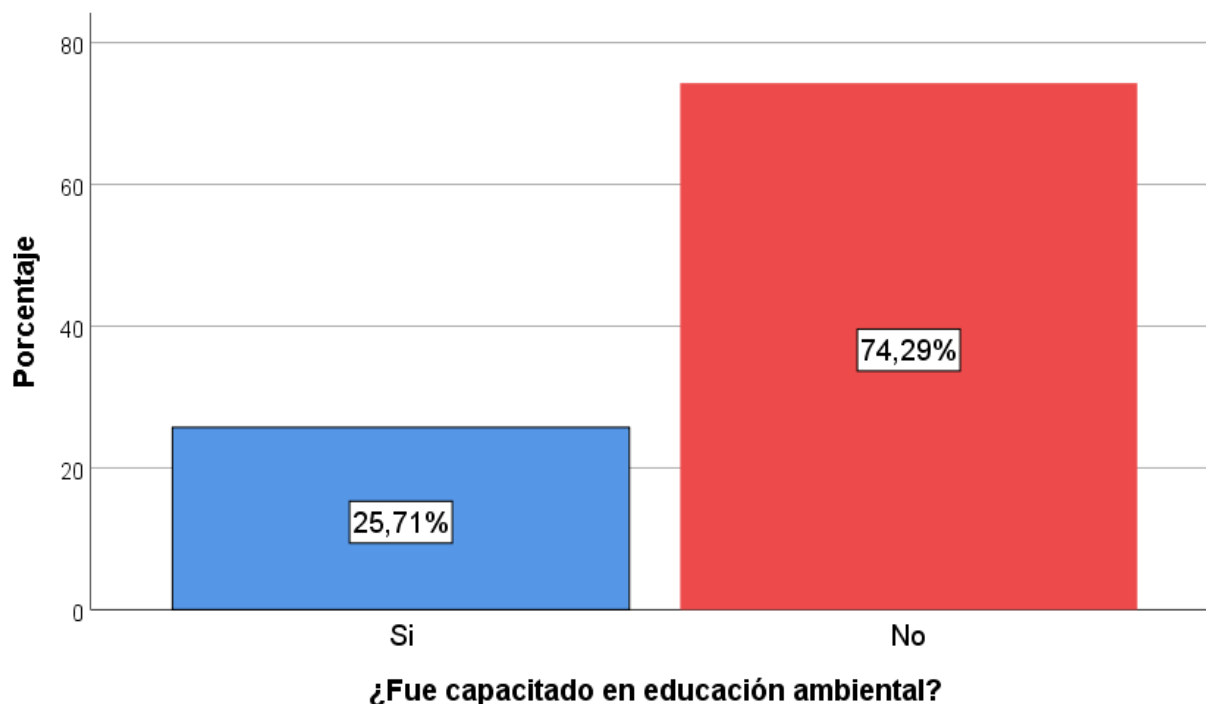
Capacitación en manejo de aguas y suelos

Fuente: Elaboración propia.

d. Capacitación en educación ambiental

En el gráfico 37, se presenta la capacitación en educación ambiental recibida por los agricultores. Se evidencia que la mayoría (74,29%) manifestó que no había recibido capacitación en este ámbito, mientras que sólo un 25,71% indicó que sí fue capacitado. Esta situación refleja una debilidad en la formación, considerando que la educación ambiental es clave para garantizar la sostenibilidad de las prácticas agrícolas a largo plazo.

Gráfico 37.

Capacitación en educación ambiental

Fuente: Elaboración propia.

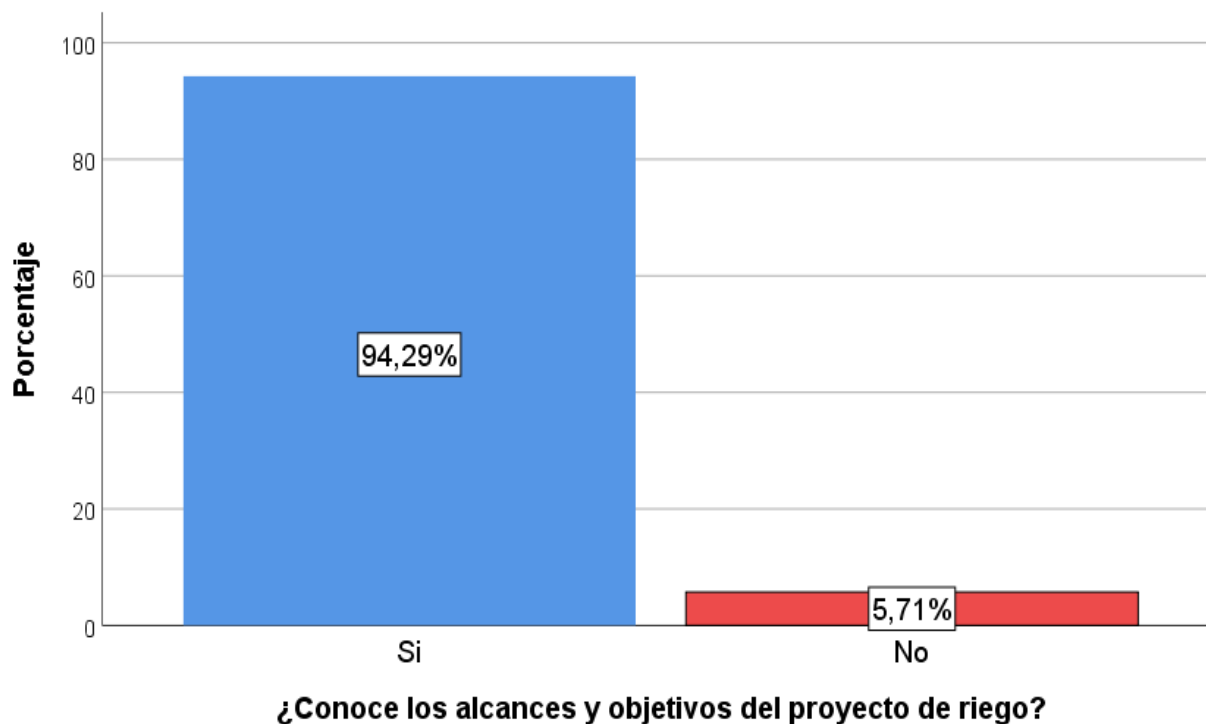
e. Conocimiento sobre los alcances y objetivos del proyecto de riegos

En el gráfico 38, se presenta el nivel de conocimiento de los agricultores sobre los alcances y objetivos del proyecto de riego. Se evidencia que la gran mayoría (94,29%) manifestó que sí los conocía, mientras que solo un 5,71% indicó que no tenía conocimiento al respecto. Esta situación refleja una fortaleza en la comunicación y comprensión del proyecto por parte de los beneficiarios.

El gráfico ilustra esta distribución, confirmando que el entendimiento de los objetivos del proyecto favoreció el desarrollo de las actividades programadas, así como la organización y la adecuada operación y mantenimiento del sistema de riego.

Gráfico 38.

Conocimiento sobre los alcances y objetivos del proyecto de riegos



Fuente: Elaboración propia.

5.1.4. Resultados de indicadores de desempeño hidráulico

En la tabla 6, se presentan los indicadores del desempeño hidráulico (Coeficiente de uniformidad, porcentaje de eficiencia de aplicación, porcentaje de uniformidad de distribución, modelos de aspersores evaluados, área regada evaluada (m^2), promedio de caudal descargado (l/s) y promedio de presiones de los aspersores (bar).

Tabla 6.

Indicadores de desempeño hidráulico calculados en el sistema de riego por aspersión

Muestras	Coefficiente de uniformidad	Eficiencia de aplicación	Uniformidad de distribución	Modelos de aspersores evaluados	Área regada evaluada (m ²).	Promedio de caudal descargado (l/s)	Promedio de presión de los aspersores evaluados
Parcela N° 1	51.22%	55.34%	30.43%	Ka 30	512	0.61	2.50
Parcela N° 2	40.14%	54.26%	6.28%	Vyr 70	450	0.60	2.80
Parcela N° 3	40.56%	51.64%	18.77%	Ka 30	450	0.59	2.60
Parcela N° 4	50.83%	17.42%	30.20%	Vyr 35	576	0.61	2.50
Parcela N° 5	38.77%	14.42%	14.49%	Ka 30	450	0.60	2.60
Parcela N° 6	63.47%	18.74%	41.68%	Vyr 35	800	0.70	2.50
Parcela N° 7	63.71%	15.61%	50.57%	Vyr 70	900	0.94	3.00
Parcela N° 8	55.26%	20.97%	43.40%	Ka 30	1200	0.95	3.00
Parcela N° 9	49.65%	22.15%	22.48%	Vyr 35	512	0.55	3.50
Parcela N° 10	52.62%	26.57%	30.48%	Ka 30	722	0.53	2.50
Parcela N° 11	48.17%	17.74%	33.51%	Ka 30	450	0.45	3.00
Parcela N° 12	54.35%	59.63%	23.55%	Ka 30	450	0.60	3.00
Parcela N° 13	50.89%	75.22%	32.00%	Ka 30	520	0.52	2.60
Parcela N° 14	65.95%	57.32%	65.63%	Vyr 70	576	0.73	3.00
Parcela N° 15	51.57%	62.82%	32.54%	Vyr 70	504	0.65	2.80
Parcela N° 16	43.54%	41.15%	26.20%	Vyr 70	504	0.68	2.80
Parcela N° 17	44.50%	41.85%	44.66%	Vyr 70	576	0.70	3.00
Parcela N° 18	31.84%	45.96%	22.63%	Vyr 70	648	0.65	2.80
Parcela N° 19	59.01%	55.18%	45.14%	Vyr 70	720	0.69	2.60
Parcela N° 20	47.25%	55.59%	18.42%	Ka 30	792	0.76	2.50
Parcela N° 21	37.80%	51.29%	12.56%	Ka 30	504	0.68	2.50
Parcela N° 22	48.81%	40.82%	26.47%	Vyr 35	560	0.55	3.00
Parcela N° 23	50.11%	59.16%	24.62%	Vyr 35	720	0.67	2.60
Parcela N° 24	51.57%	56.17%	27.05%	Vyr 35	560	0.69	2.50

Parcela N° 25	39.98%	74.80%	27.05%	Vyr 70	704	0.72	3.50
Parcela N° 26	37.50%	49.11%	19.12%	Ka 30	540	0.53	2.00
Parcela N° 27	54.07%	71.73%	22.75%	Ka 30	720	0.59	2.00
Parcela N° 28	26.22%	28.69%	12.12%	Ka 30	600	0.80	3.50
Parcela N° 29	35.44%	47.20%	15.11%	Vyr 70	800	0.51	3.00
Parcela N° 30	57.34%	79.38%	38.82%	Vyr 35	576	0.55	2.50
Parcela N° 31	55.00%	58.57%	41.19%	Vyr 35	608	0.65	2.50
Parcela N° 32	48.57%	69.39%	28.20%	Vyr 35	608	0.59	2.50
Parcela N° 33	52.61%	73.83%	31.50%	Vyr 35	680	0.61	3.00
Parcela N° 34	34.94%	64.54%	10.91%	Ka 30	800	0.76	3.00
Parcela N° 35	37.49%	64.52%	12.64%	Ka 30	648	0.68	2.50
Promedio	47.74%	48.54%	28.09%		626.86	0.65	2.75

Fuente: Elaborado en base a datos de campo.

La Tabla 7, muestra los parámetros de clasificación del desempeño del sistema de riego por aspersión con base en los coeficientes de uniformidad de Christiansen, en la cual de acuerdo a dichos parámetros se ha realizado.

Tabla 7.

Evaluación de desempeño hidráulico de sistemas de riego por aspersión

Parametro	Excelente	Bueno	Razonable	Malo	Inaceptable
CUC %	>90	80-90	70-80	60-70	<60
CUD %	<84	68-84	52-68	36-52	<36

Fuente: Parámetros de clasificación del desempeño del sistema de riego por aspersión con base en los coeficientes de uniformidad de Christiansen

Para la descripción de los indicadores de desempeño hidráulico se ha considerado cinco muestras de diferentes parcelas los cuales se detallan a continuación:

- Muestra 1: representado por la parcela 3
- Muestra 2: representado por la parcela 10
- Muestra 3: representado por la parcela 16
- Muestra 4: representado por la parcela 24
- Muestra 5: representado por la parcela 30

Las muestras y sus respectivas parcelas antes señaladas se ha elegido por conveniencia tomando en cuenta la ubicación y la representatividad de las parcelas en estudio

A continuación, se muestra los cálculos del coeficiente de uniformidad, uniformidad de distribución, eficiencia de aplicación, área regada en m², promedio de caudal y presiones de los aspersores de las parcelas N° 03 - Muestra 01.

Tabla 8.

Datos generales para evaluación de parcela N° 03 - Muestra 01

Fecha:	Ago-23	Cultivo:	Cítricos
Ubicación:	Cuenca de Mándor	Tiempo de duración:	120 min
Coordenadas:	UTM	Distancia entre líneas del aspersor:	15 m
Norte:	8573604	N° de Aspersores:	2
Este:	751828	Altura del elevador:	1.5 m
Altitud:	1030	Espaciamiento entre pluviómetros:	3 m
Parcela:	3	Distanciamiento de las plantas:	5 m x 4 m
Pendiente:	9%	Área regada:	450 m ²
Datos del aspersor			
Modelo:	KA 30	Caudal del aspersor:	0.59 l/s
Diámetro de la boquilla:	5 mm x 3.2 mm	Presión del hidrante:	6 bar
Radio de humedecimiento:	15 m	Caudal del hidrante:	1.15 l/s
Presión del aspersor:	2.6 bar	Tipo de conexión:	Manguera HDPE DE 1" a 3/4"
Datos climáticos			
Velocidad del viento:	3.07 m/s.	Humedad relativa:	72.35%
Temperatura:	24.3 °C	N° de pluviómetros	24.00

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 9.

Datos obtenidos para coeficiente de uniformidad - Parcela N°03 - Muestra 01

Item	mm	[X1-X]
1	5	79.375
2	15	69.375
3	15	69.375
4	20	64.375
5	20	64.375
6	40	64.375
7	45	44.375
8	40	39.375
9	55	29.375
10	60	24.375
11	60	24.375
12	65	19.375
13	75	9.375
14	85	0.625
15	100	15.625
16	110	25.625
17	120	35.625
18	120	35.625
19	150	65.625
20	160	75.625
21	165	80.625
22	170	85.625
23	170	85.625
24	180	85.625

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 10.

Cálculo de coeficiente de uniformidad de parcela N° 03 - Muestra 01

Cálculo de coeficiente uniformidad	
Número de pluviómetros que representan el 25 % inferior de las lecturas	6.00
Medias	
Total, de datos	84.38 mm
Del 25% inferior	15.83 mm
Medidas de distribución	
Coeficiente de uniformidad	40.56%
Uniformidad de distribución	18.77%
Coeficiente de Variación de Christiansen	16.88 mm
Promedio de las desviaciones absolutas $[(X_i - N) / N]$	50.16 mm
Maximo - Minimo	
Maximo	180.00 mm
Minimo	5.00 mm
Desviación Estándar	58.30 mm
Error de media	11.90 mm

Fuente: Elaboración propia.

Según el cálculo el coeficiente de uniformidad para la muestra 01 correspondiente a la parcela N° 04 es de 50.83%, este valor de acuerdo a la clasificación de coeficiente de uniformidad (tabla 7) es inaceptable. Luego se analiza la eficiencia de aplicación de la parcela.

Tabla 11.

Datos para el cálculo de eficiencia de aplicación de parcela N° 03 - Muestra 01

Cálculo de eficiencia de aplicación		
Caudal recogido en la superficie evaluada		
Diámetro de pluviómetros	10.50	cm
Volumen medio recogido	84.40	cm ³
Lámina media recogida	9.70	mm

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 12.

Cálculo de eficiencia de aplicación de parcela N° 03 - Muestra 01

Lámina aplicada por los aspersores	0.59	l/s
Caudal de los aspersores:	2.124	m ³ /h
Espaciamiento entre aspersores:	15.00	m
Espaciamiento entre líneas:	15.00	m
Pluviometría de los aspersores:	18.88	mm/h
Lamina aplicada:	18.88	mm
Eficiencia de aplicación:	51.64	%

Fuente: Elaboración propia.

Según el cálculo la eficiencia de aplicación para la muestra 01 correspondiente a la parcela N° 03 es de 54.64%, asimismo dicho valor obtenido de acuerdo a la clasificación de coeficiente de uniformidad (tabla 7) es inaceptable.

A continuación se presenta los datos obtenidos de la parcela 10 correspondiente a la muestra 2:

Tabla 13.

Datos generales de parcela N° 10 - Muestra 02

Fecha:	Ago-23	Cultivo:	Cítricos
Ubicación:	Cuenca de Mándor	Tiempo de duración:	60 min
Coordenadas:	UTM	Distancia entre líneas del aspersor:	19 m
Norte:	8573380	N° de aspersores:	2
Este:	752543	Altura del elevador:	1.80 m
Altitud:	1119	Espaciamiento entre pluviómetros:	3 m
Parcela:	10	Distanciamiento de las plantas:	5 m x 4 m
Pendiente:	11%	Área regada:	722 m ²
Datos del aspersor			
Modelo:	KA 30	Caudal del aspersor:	0.53 l/s
Diámetro de la boquilla:	5 mm x 3.2 mm	Presión del hidrante:	4.8 bar
Radio de humedecimiento:	19 m	Caudal del hidrante:	1.15 l/s
Presión del aspersor:	2.5 bar	Tipo de conexión:	Manguera HDPE DE 1" a 3/4"
Datos climáticos			
Velocidad del viento:	3.07 m/s.	Humedad relativa:	72.35%
Temperatura:	24.3 °C	N° de pluviómetros	24.00

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 14.

Datos obtenidos para coeficiente de uniformidad - Parcela N°10 - Muestra 02

Item	mm	[X1-X]
1	5	38.750
2	5	38.750
3	10	33.750
4	15	28.750
5	20	23.750
6	25	18.750
7	25	18.750
8	30	13.750
9	35	8.750
10	35	8.750
11	35	8.750
12	40	3.750
13	40	3.750
14	45	1.250
15	45	1.250
16	45	1.250
17	60	16.250
18	60	16.250
19	60	16.250
20	70	26.250
21	75	26.250
22	80	36.250
23	95	51.250
24	95	51.250

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 15.

Cálculo de coeficiente de uniformidad de parcela N° 10 - Muestra 02

Cálculo de coeficiente uniformidad	
Número de pluviómetros que representan el 25 % inferior de las lecturas	6.00
Media	
Total, de datos	43.75 mm
Del 25% inferior	13.33 mm
Medidas de distribución	
Coeficiente de uniformidad	52.62%
Uniformidad de distribución	30.48%
Coeficiente de Variación de Christiansen	8.75 mm
Promedio de las desviaciones absolutas $[(X_i - N) / N]$	20.73 mm
Maximo - Minimo	
Maximo	95.00 mm
Minimo	5.00 mm
Desviación Estándar	26.14 mm
Error de media	5.34 mm

Fuente: Elaboración propia.

Según el cálculo el coeficiente de uniformidad para la muestra 02 correspondiente a la parcela N° 10 es de 52.62% (porcentaje clasifica como inaceptable, tabla 7). Luego se analiza la eficiencia de aplicación de la parcela.

Tabla 16.

Datos obtenidos para el cálculo de eficiencia de aplicación de parcela N° 10 - Muestra 02

Cálculo de eficiencia de aplicación		
Caudal recogido en la superficie evaluada		
Diámetro de pluviómetros	10.50	cm
Volumen medio recogido	43.80	cm ³
Lámina media recogida	5.10	mm

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 17. *Cálculo de eficiencia de aplicación de parcela N° 10 - Muestra 02*

Lámina aplicada por los aspersores	0.53	l/s
Caudal de los aspersores:	1.908	m ³ /h
Espaciamiento de los aspersores:	19.00	m
Espaciamiento entre líneas:	19.00	m
Pluviometría de los aspersores:	10.57	mm/h
Lamina aplicada:	19.03	mm
Eficiencia de aplicación:	26.57	%

Fuente: Elaboración propia.

Según el cálculo la eficiencia de aplicación para la muestra 02 correspondiente a la parcela N° 10 es de 26.57%.

A continuación se presenta los datos obtenidos de la parcela 16 correspondiente a la muestra 3:

Tabla 18.

Datos generales de parcela N° 16 - Muestra 03

Fecha:	Set-23	Cultivo:	Cítricos
Ubicación:	Cuenca de Mandor	Tiempo de duración:	160 min
Coordenadas:	UTM	Distancia entre líneas del aspersor:	18 m
Norte:	8573193	N° de Aspersores:	2
Este:	752017	Altura del elevador:	1 m
Altitud:	1061	Espacio entre pluviómetros:	3 m
Parcela:	16	Distanciamiento de las plantas:	5 m x 4 m
Pendiente:	4%	Área regada:	504 m ²
Datos del aspersor			
Modelo:	VYR 70	Caudal del aspersor:	0.68 l/s
Diámetro de la boquilla:	4.8 mm x 3.2 mm	Presión del hidrante:	7.1 bar
Radio de humedecimiento:	15 m	Caudal del hidrante:	1.30 l/s
Manguera			
Presión del aspersor:	2.8 bar	Tipo de conexión:	HDPE DE 1" a 3/4"
Datos climáticos			
Velocidad del viento:	2.85 m/s	Humedad relativa:	72.98%
Temperatura:	24.64 °C	N° de pluviómetros	24.00

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 19.

Datos para coeficiente de uniformidad - Parcela N°13 - Muestra 03

Item	mm	[X1-X]
1	3	89.250
2	17	75.250
3	23	69.250
4	25	67.250
5	35	57.250
6	42	50.250
7	44	48.250
8	46	46.250
9	56	36.250
10	60	32.250
11	62	30.250
12	69	23.250
13	96	3.750
14	104	11.750
15	120	27.750
16	120	27.750
17	139	46.750
18	140	47.750
19	140	47.750
20	160	67.750
21	165	72.750
22	170	77.750
23	189	96.750
24	189	96.750

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 20.

Cálculo de coeficiente de uniformidad de parcela N° 16 - Muestra 03

Cálculo de coeficiente uniformidad	
Número de pluviómetros que representan el 25 % inferior de las lecturas	6.00
Media	
Total, de datos	92.25 mm
Del 25% inferior	24.17 mm
Medidas de distribución	
Coeficiente de uniformidad	43.54%
Uniformidad de distribución	26.20%
Coeficiente de Variación de Christiansen	30.75 mm
Promedio de las desviaciones absolutas $[(X_i - N) / N]$	52.08 mm
Maximo - Minimo	
Maximo	189.00 mm
Minimo	3.00 mm
Desviación Estándar	59.02 mm
Error de media	12.05 mm

Fuente: Elaboración propia.

El coeficiente de uniformidad calculado de la muestra 03 de la parcela N° 16 es de 43.54%.

Tabla 21.

Datos para el cálculo de eficiencia de aplicación de parcela N°16 - Muestra 03

Cálculo de eficiencia de aplicación		
Caudal recogido en la superficie evaluada		
Diámetro de pluviómetros	10.50	cm
Volumen medio recogido	92.30	cm ³
Lámina media recogida	10.70	mm

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 22.

Cálculo de eficiencia de aplicación de parcela N° 16 - Muestra 03

Lámina aplicada por los aspersores	0.68	l/s
Caudal de los aspersores:	2.448	m ³ /h
Espaciamiento de los aspersores:	14.00	m
Espaciamiento entre líneas:	18.00	m
Pluviometría de los aspersores:	19.43	mm/h
Lamina aplicada:	25.90	mm
Eficiencia de aplicación:	41.15	%

Fuente: Elaboración propia.

Según el cálculo la eficiencia de aplicación para la muestra 03 correspondiente a la parcela N° 16 es de 41.15%.

A continuación se presenta los datos obtenidos de la parcela 24 correspondiente a la muestra 4:

Tabla 23.

Datos generales de parcela N° 24 - Muestra 04

Fecha:	Oct -23	Cultivo:	Cítricos
Ubicación:	Cuenca de Mándor	Tiempo de duración:	60 min
Coordenadas:	UTM	Distancia entre líneas del aspersor:	20 m
Norte:	8572649	N° de Aspersores:	2
Este:	752526	Altura del elevador:	1.5 m
Altitud:	1058	Espaciamiento entre pluviómetros:	3 m
Parcela:	24	Distanciamiento de las plantas:	5 m x 4 m
Pendiente:	5%	Área regada:	560 m ²
Datos del aspersor			
Modelo:	VYR 35	Caudal del aspersor:	0.69 l/s
Diámetro de la boquilla:	4.4 mm a 2.40 mm	Presión del hidrante:	6.5 bar
Radio de humedecimiento:	14 m	Caudal del hidrante:	1.8 l/s
Presión del aspersor:	2.5 bar	Tipo de conexión:	Manguera HDPE DE 1" a 3/4"
Datos climáticos			
Velocidad del viento:	2.8 m/s	Humedad relativa:	73.39%
Temperatura:	24.29 °C	N° de pluviómetros	24.00

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 24.

Datos para coeficiente de uniformidad - Parcela N° 24 - Muestra 04

Item	mm	[X1-X]
1	5	38.125
2	5	38.125
3	5	38.125
4	15	28.125
5	15	28.125
6	25	18.125
7	25	18.125
8	30	13.125
9	35	8.125
10	35	8.125
11	35	8.125
12	40	3.125
13	40	3.125
14	45	1.875
15	45	1.875
16	45	1.875
17	60	16.875
18	60	16.875
19	65	21.875
20	70	26.875
21	75	31.875
22	80	36.875
23	85	41.875
24	95	51.875

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 25.

Cálculo de coeficiente de uniformidad de parcela N° 24 - Muestra 04

Cálculo de coeficiente uniformidad	
Número de pluviómetros que representan el 25 % inferior de las lecturas	6.00
Media	
Total, de datos	43.13 mm
Del 25% inferior	11.67 mm
Medidas de distribución	
Coeficiente de uniformidad	51.57%
Uniformidad de distribución	27.05%
Coeficiente de Variación de Christiansen	8.63 mm
Promedio de las desviaciones absolutas $[(X_i - N) / N]$	20.89 mm
Maximo - Minimo	
Maximo	95.00 mm
Minimo	5.00 mm
Desviación Estándar	26.04 mm
Error de media	5.31 mm

Fuente: Elaboración propia.

Según el cálculo el coeficiente de uniformidad para la muestra 04 correspondiente a la parcela N° 24 es de 51.57%. Luego se analiza la eficiencia de aplicación de la parcela.

Tabla 26.

Datos para el cálculo de eficiencia de aplicación de parcela N°24 - Muestra 04

Cálculo de eficiencia de aplicación		
Caudal recogido en la superficie evaluada		
Diámetro de pluviómetros	10.50	cm
Volumen medio recogido	43.10	cm ³
Lámina media recogida	5.00	mm

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 27.

Cálculo de eficiencia de aplicación de parcela N° 24 - Muestra 04

Lámina aplicada por los aspersores	0.69	l/s
Caudal de los aspersores:	2.484	m ³ /h
Espaciamiento entre aspersores:	14.00	m
Espaciamiento entre líneas:	20.00	m
Pruviometría de los aspersores:	17.74	mm/h
Lamina aplicada:	8.87	mm
Eficiencia de aplicación:	56.17	%

Fuente: Elaboración propia.

Según el cálculo la eficiencia de aplicación para la muestra 04 correspondiente a la parcela N° 24 es de 56.17%.

De igual manera se presenta los datos obtenidos de la parcela 30 correspondiente a la muestra 5:

Tabla 28.

Datos generales de parcela N° 30 - Muestra 05

Fecha:	Oct-23	Cultivo:	Cítricos
Ubicación:	Cuenca de Mandor	Tiempo de duración:	130 min
Coordenadas:	UTM	Distancia entre líneas del aspersor:	18 m
Norte:	8571082	N° de Aspersores:	2
Este:	753806	Altura del elevador:	1.5 m
Altitud:	1104	Espaciamiento entre pluviómetros:	3 m
Parcela:	30	Distanciamiento de las plantas:	4 m x 4 m
Pendiente:	5%	Área regada:	576 m ²
Datos del aspersor			
Modelo:	VYR 35	Caudal del aspersor:	0.55 l/s
Diámetro de la boquilla:	4.40 mm x 2.40 mm	Presión del hidrante:	8.5 bar
Radio de humedecimiento:	15 m	Caudal del hidrante:	1.06 l/s
Presión del aspersor:	2.5 bar	Tipo de conexión:	Manguera HDPE DE 1" a 3/4"
Datos climáticos			
Velocidad del viento:	2.8 m/s	Humedad relativa:	73.39%
Temperatura:	25.29 °C	N° de pluviómetros:	24.00

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 29.

Datos para coeficiente de uniformidad - parcela N°30 - Muestra 05

Item	mm	[X1-X]
1	20	74.458
2	30	64.458
3	35	59.458
4	40	54.458
5	45	49.458
6	50	44.458
7	55	39.458
8	60	34.458
9	65	29.458
10	75	19.458
11	85	9.458
12	90	4.458
13	95	0.542
14	100	5.542
15	105	10.542
16	115	20.542
17	125	30.542
18	130	35.452
19	135	40.542
20	140	45.542
21	155	60.542
22	160	65.542
23	177	82.542
24	180	85.542

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 30.

Cálculo de coeficiente de uniformidad de parcela N° 30 - Muestra 05

Cálculo de coeficiente uniformidad	
Número de pluviómetros que representan el 25 % inferior de las lecturas	6.00
Media	
Total, de datos	94.46 mm
Del 25% inferior	36.67 mm
Medidas de distribución	
Coeficiente de uniformidad	57.34%
Uniformidad de distribución	38.82%
Coeficiente de Variación de Christiansen	4.72 mm
Promedio de las desviaciones absolutas $[(X_i - N) / N]$	40.49 mm
Maximo - Minimo	
Maximo	180.00 mm
Minimo	20.00 mm
Desviación Estándar	48.14 mm
Error de media	9.83 mm

Fuente: Elaboración propia.

Según el cálculo el coeficiente de uniformidad para la muestra 05 correspondiente a la parcela N° 30 es de 57.34%. Luego se analiza la eficiencia de aplicación de la parcela.

Tabla 31.

Datos para el cálculo de eficiencia de aplicación de parcela N° 30 - Muestra 05

Cálculo de eficiencia de aplicación		
Caudal recogido en la superficie evaluada		
Diámetro de pluviómetros	10.50	cm
Volumen medio recogido	94.50	cm ³
Lámina media recogida	10.90	mm

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 32.

Cálculo de eficiencia de aplicación de parcela N° 30 - Muestra 05

Lamina aplicada por los aspersores	0.55	l/s
Caudal de los aspersores:	1.98	m ³ /h
Espaciamiento entre aspersores:	16.00	m
Espaciamiento entre líneas:	18.00	m
Pluviometría de los aspersores:	13.75	mm/h
Lamina aplicada:	13.75	mm
Eficiencia de aplicación:	79.38	%

Fuente: Elaboración propia.

Según el cálculo la eficiencia de aplicación para la muestra 05 correspondiente a la parcela N° 34 es de 79.38%.

5.2. Resultados para el objetivo específico 02

Para cumplir con el objetivo específico 02 “Determinar la influencia del riego por aspersión en la producción de cítricos en la cuenca del Río Mándor en la Provincia de La Convención – Cusco, 2021”, se realizó las evaluaciones de los indicadores de producción, lo cual se detallan a continuación:

5.2.1. Evaluaciones del rendimiento de cítricos

En vista de la creciente escasez de agua y el aumento en el costo de la energía utilizada en los sistemas de riego presurizados, es necesario mejorar la eficiencia de los riegos para garantizar la sostenibilidad de la producción agrícola, aun cuando los recursos hídricos y energéticos sean limitados. Además, los sistemas de riego futuros deberán ser compatibles con la sostenibilidad ambiental. La evaluación en terreno de los sistemas de riego posibilita la comprensión de su operatividad y la definición de pautas de gestión que optimicen su eficacia y los rendimientos del riego (Naroua et al., 2012).

De acuerdo a datos del Ministerio de Agricultura se ha elaborado una tabla resumen que identifica la productividad de los cítricos en el distrito de Maranura y se presenta a continuación:

Tabla 33.

Consolidado de productividad de cítricos en el Distrito de Maranura

Consolidado provincial Cusco - La Convención - Maranura					
Ubigeo	Cod. Producto	Producto	Variable	Campaña	Total
Maranura	13010160000	Lima	Sup.Verde actual (ha)	2021	7.00
Maranura	13010160000	Lima	En Crecimiento (ha)	2021	
Maranura	13010160000	Lima	En Producción (ha)	2021	
Maranura	13010160000	Lima	Crec.a Prod.(ha)	2021	
Maranura	13010160000	Lima	Cosechada (ha)	2022	7.00
Maranura	13010160000	Lima	Rendimiento (kg / ha)	2022	8,928.57
Maranura	13010160000	Lima	Producción (t)	2022	62.50
Maranura	13010160000	Lima	Precio en Chacra (S/ x kg)	2022	0.80
Maranura	13010170102	Limon sutil	Sup.Verde actual (ha)	2021	9.00
Maranura	13010170102	Limon sutil	En Crecimiento (ha)	2021	
Maranura	13010170102	Limon sutil	En Producción (ha)	2021	
Maranura	13010170102	Limon sutil	Crec.a Prod.(ha)	2021	
Maranura	13010170102	Limon sutil	Cosechada (ha)	2022	9.00
Maranura	13010170102	Limon sutil	Rendimiento (kg / ha)	2022	7,666.67
Maranura	13010170102	Limon sutil	Producción (t)	2022	69.00
Maranura	13010170102	Limon sutil	Precio en Chacra (S/ x kg)	2022	1.12
Maranura	13010200000	Mandarino	Sup.Verde actual (ha)	2021	17.00
Maranura	13010200000	Mandarino	En Crecimiento (ha)	2021	
Maranura	13010200000	Mandarino	En Producción (ha)	2021	
Maranura	13010200000	Mandarino	Crec.a Prod.(ha)	2021	
Maranura	13010200000	Mandarino	Cosechada (ha)	2022	12.00
Maranura	13010200000	Mandarino	Rendimiento (kg / ha)	2022	11,916.67
Maranura	13010200000	Mandarino	Producción (t)	2022	143.00
Maranura	13010200000	Mandarino	Precio en Chacra (S/ x kg)	2022	0.82
Maranura	13010270000	Naranja	Sup.Verde actual (ha)	2021	83.00
Maranura	13010270000	Naranja	En Crecimiento (ha)	2021	
Maranura	13010270000	Naranja	En Producción (ha)	2021	
Maranura	13010270000	Naranja	Crec.a Prod.(ha)	2021	
Maranura	13010270000	Naranja	Cosechada (ha)	2022	80.00
Maranura	13010270000	Naranja	Rendimiento (kg / ha)	2022	8,200.00
Maranura	13010270000	Naranja	Producción (t)	2022	656.00
Maranura	13010270000	Naranja	Precio en Chacra (S/ x kg)	2022	0.85

Fuente: Datos obtenidos en el Ministerio de Agricultura y Riego, sede Quillabamba año 2021-2022.

Teniendo en cuenta dichos datos, se realizó un análisis de la productividad por cada parcela de los frutos de cítricos producidos:

Tabla 34.
Evaluación de peso y diámetro del fruto con riego por aspersión

Muestras	Edad de la planta	Nº de plantas evaluadas por conveniencia	Promedio de Nº de frutos por planta	Promedio del peso del fruto por planta en gramos	Promedio de diámetro ecuatorial por planta en mm	Dist. De siembra	Número de plantas por hectárea	Peso de frutos en kilogramos por hectárea	Peso de frutos en toneladas por hectárea	Rendimiento por árbol en kg
Parcela Nº 1	6 a 10 años	4	68.50	215.90	74.89	5m x 5m	400	5,915.66	5.92	14.79
Parcela Nº 2	16 a 20 años	4	55.50	252.65	77.41	4m x 4m	625	8,763.80	8.76	14.02
Parcela Nº 3	1 a 5 años	4	86.75	251.20	78.27	4m x 4m	625	13,619.75	13.62	21.79
Parcela Nº 4	6 a 10 años	4	84.50	176.40	69.79	5m x 5m	400	5,962.32	5.96	14.91
Parcela Nº 5	11 a 15 años	4	71.25	215.00	74.85	4m x 4m	625	9,574.22	9.57	15.32
Parcela Nº 6	16 a 20 años	4	66.00	186.05	71.78	4m x 4m	625	7,674.56	7.67	12.28
Parcela Nº 7	16 a 20 años	4	76.50	221.10	73.00	4m x 4m	625	10,571.34	10.57	16.91
Parcela Nº 8	6 a 10 años	4	93.25	207.15	72.93	5m x 4m	500	9,658.37	9.66	19.32
Parcela Nº 9	11 a 15 años	4	90.75	185.65	70.02	4m x 4m	625	10,529.84	10.53	16.85
Parcela Nº 10	6 a 10 años	4	93.25	109.10	59.86	5m x 4m	500	5,086.79	5.09	10.17
Parcela Nº 11	6 a 10 años	4	99.50	75.55	58.40	5m x 4m	500	3,758.61	3.76	7.52
Parcela Nº 12	16 a 20 años	4	89.00	102.40	59.22	5m x 4m	500	4,556.80	4.56	9.11
Parcela Nº 13	6 a 10 años	4	105.50	127.05	63.14	5m x 4m	500	6,701.89	6.70	13.40
Parcela Nº 14	6 a 10 años	4	115.25	172.00	70.80	5m x 4m	500	9,911.50	9.91	19.82
Parcela Nº 15	11 a 15 años	4	107.25	174.10	70.26	5m x 4m	500	9,336.11	9.34	18.67
Parcela Nº 16	1 a 5 años	4	72.25	210.45	73.08	4m x 4m	625	9,503.13	9.50	15.21
Parcela Nº 17	1 a 5 años	4	64.75	193.30	71.52	5m x 4m	500	6,258.09	6.26	12.52
Parcela Nº 18	1 a 5 años	4	52.50	251.40	78.55	4m x 4m	625	8,249.06	8.25	13.20
Parcela Nº 19	1 a 5 años	4	66.75	217.70	74.54	4m x 4m	625	9,082.17	9.08	14.53
Parcela Nº 20	11 a 15 años	4	89.00	220.15	75.60	5m x 4m	500	9,796.68	9.80	19.59
Parcela Nº 21	1 a 5 años	4	87.25	216.75	74.62	4m x 4m	625	11,819.65	11.82	18.91
Parcela Nº 22	11 a 15 años	4	85.50	223.10	74.75	5m x 4m	500	9,537.53	9.54	19.08
Parcela Nº 23	16 a 20 años	4	82.25	227.70	74.24	5m x 4m	500	9,364.16	9.36	18.73
Parcela Nº 24	6 a 10 años	4	72.50	229.25	75.35	5m x 4m	500	8,310.31	8.31	16.62
Parcela Nº 25	1 a 5 años	4	71.50	221.70	74.51	4m x 4m	625	9,907.22	9.91	15.85
Parcela Nº 26	1 a 5 años	4	53.75	253.55	77.06	4m x 4m	625	8,517.70	8.52	13.63
Parcela Nº 27	1 a 5 años	4	68.75	299.50	83.94	4m x 4m	625	12,869.14	12.87	20.59
Parcela Nº 28	16 a 20 años	4	68.75	243.20	74.73	4m x 4m	625	10,450.00	10.45	16.72
Parcela Nº 29	16 a 20 años	4	86.00	227.00	75.21	5m x 5m	400	78,08.80	7.81	19.52
Parcela Nº 30	6 a 10 años	4	87.25	202.55	72.46	4m x 4m	625	11,045.30	11.05	17.67
Parcela Nº 31	11 a 15 años	4	75.50	218.30	74.16	4m x 4m	625	10,301.03	10.30	16.48
Parcela Nº 32	11 a 15 años	4	83.75	178.70	69.22	5m x 5m	400	5,986.45	5.99	14.97
Parcela Nº 33	16 a 20 años	4	82.50	224.95	75.67	4m x 4m	625	11,598.98	11.60	18.56
Parcela Nº 34	1 a 5 años	4	84.00	208.20	73.48	5m x 5m	400	6,995.52	7.00	17.49
Parcela Nº 35	11 a 15 años	4	80.75	243.65	76.99	4m x 4m	625	12,296.71	12.30	19.67
Promedio			80.51	205.21	72.69			8,894.83	8.89	16.13

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 35.
Evaluación de peso y diámetro del fruto sin riego

Área	N° de plantas evaluadas por conveniencia	Promedio de N° de frutos por planta	Promedio del peso del fruto por planta en gramos	Promedio de diámetro ecuatorial por planta en mm	Dist. De siembra	Numero de plantas por hectárea	Peso de frutos en kilogramos por hectárea	Peso de frutos en toneladas por hectárea	Rendimiento por árbol en kg
Parcela N° 1	4	71.75	119.95	59.37	4m x 4m	625	5,379.01	5.38	8.61
Parcela N° 2	4	79.25	147.90	64.83	5m x 4m	500	5,860.54	5.86	11.72
Parcela N° 3	4	84.25	132.15	62.42	4m x 4m	625	6,958.52	6.96	11.13
Parcela N° 4	4	56.75	148.25	64.57	5m x 4m	500	4,206.59	4.21	8.41
Parcela N° 5	4	56.75	116.05	58.15	4m x 4m	625	4,116.15	4.12	6.59
Parcela N° 6	4	62.25	151.80	65.20	5m x 5m	400	3,779.82	3.78	9.45
Parcela N° 7	4	60.75	151.40	64.90	4m x 4m	625	5,748.47	5.75	9.20
Parcela N° 8	4	75.00	147.90	64.83	5m x 4m	625	6,932.81	6.93	11.09
Parcela N° 9	4	74.50	158.20	65.50	5m x 5m	400	4,714.36	4.71	11.79
Parcela N° 10	4	61.00	156.75	66.04	5m x 5m	400	3,824.70	3.82	9.56
Promedio		68.23	143.04	63.58			5,152.10	5.15	9.75

Fuente: Elaboración propia.

En promedio se tiene los siguientes resultados al analizar las parcelas con el sistema de riego por aspersión:

Tabla 36.

Determinación de características de cultivos y parcelas con riego por aspersión

Característica	Valor
Promedio del peso del fruto por planta en gramos	205.21
Promedio del diámetro ecuatorial por planta en mm	72.69
Peso de frutos (kg/ha)	8,894.83
Peso de frutos (t/ha)	8.89
Rendimiento por árbol	16.13

Fuente: Elaboración propia.

Así mismo, se procedió a la evaluación de peso y diámetro de frutos de parcelas sin riego de 10 parcelas con esta característica encontrándose lo siguiente:

Tabla 37.

Determinación de características de cultivos y parcelas sin riego

Característica	Valor
Promedio del peso del fruto por planta en gramos	143.04
Promedio del diámetro ecuatorial por planta en mm	63.58
Peso de frutos (kg/ha)	5152.10
Peso de frutos (t/ha)	5.15
Rendimiento por árbol	9.75

Fuente: Elaboración propia.

Se realizó la comparación con respecto a las parcelas con riego por aspersión y sin riego:

Tabla 38.

Determinación de la influencia del riego por aspersión en la productividad

Característica	Con riego por aspersión (A)	Sin riego (B)	Diferencia (C= A-B)	Porcentaje de mejora con respecto (C/B) *100
Promedio del peso del fruto por planta en gramos	205.21	143.04	62.17	43.46%
Promedio del diámetro ecuatorial por planta en mm	72.69	63.58	9.11	14.33%
Peso de frutos (kg/ha)	8894.83	5152.10	3742.73	72.64%
Peso de frutos (t/ha)	8.89	5.15	3.74	72.64%
Rendimiento por árbol	16.13	9.75	6.38	65.45%

Fuente: Elaboración propia.

La tabla 44, presenta un análisis del incremento en el rendimiento de los cítricos tras la implementación del riego por aspersión en la cuenca del Río Mándor. Los resultados indican una mejora significativa en el rendimiento promedio, con un aumento medio del 43.46% en el peso promedio del fruto por planta, además, un incremento del 14.33% del diámetro ecuatorial del cítrico, también se determina el incremento del peso de fruto por cada hectárea del 72.64%, con respecto al rendimiento se verifica un incremento del 65.45% por cada árbol.

5.2.2. Prueba de normalidad

Tabla 39.

Prueba de normalidad de Shapiro Willk

Variable	Obs	W'	V'	z	Prob>z
Riego por aspersión	35	0.86254	1.208	3.320	0.00045
Producción de cítricos	35	0.85145	0.276	3.482	0.00025

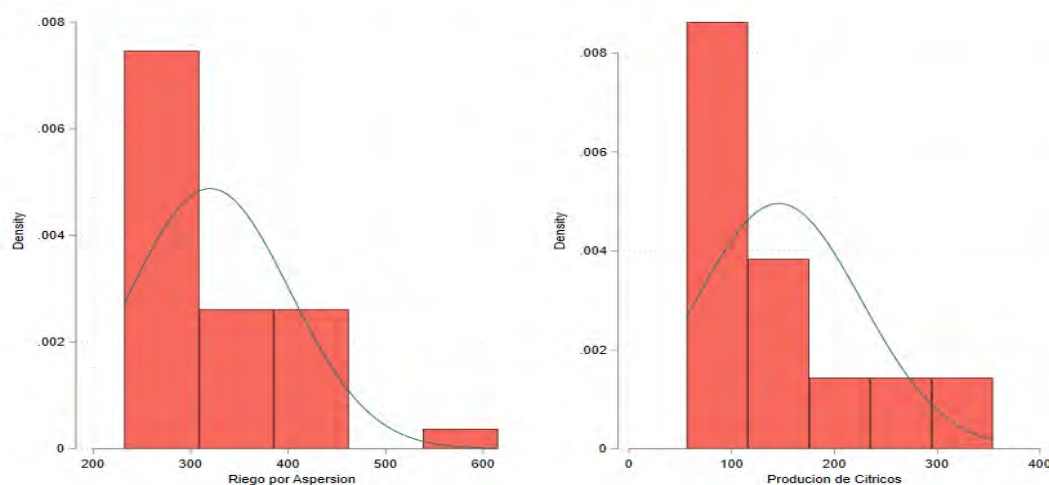
Fuente: Elaboración propia.

En la tabla 39 y figura 18, se presentan los resultados de la prueba de normalidad de Shapiro-Wilk, para la variable riego por aspersión, el nivel de significancia (0.05) es mayor que P-valor ($p=0.00045$), lo que indica que la distribución de esta variable no sigue una distribución normal, por otro lado, la variable Producción de cítricos presentan, el valor p es también muy bajo, lo que esto significa que la distribución de la variable producción de cítricos tampoco es normal.

Finamente, para evaluar la relación entre riego por aspersión y producción de cítricos, la prueba de correlación de Spearman sería la más apropiada dado que las variables no cumplen con la suposición de normalidad.

Figura 18.

Histogramas de distribución de normalidad



Fuente: Elaboración propia.

En la figura 18, se observa la distribución de la normalidad, los resultados de ambas pruebas de normalidad sugieren que ninguna de las dos variables sigue una distribución normal, ya que los valores p son significativamente bajos.

5.2.3. Prueba de hipótesis

- Ho: no existe una correlación positiva significativa entre el riego por aspersión y la producción de cítricos en la cuenca del Río Mándor en la provincia de La Convención – Cusco, 2021.
- Ha: existe una correlación positiva significativa entre el riego por aspersión y la producción de cítricos en la cuenca del Río Mándor en la provincia de La Convención – Cusco, 2021.

Tabla 40.

Prueba de correlación Spearman entre riego por aspersión y producción de cítricos

		Riego por Aspersión	
Rho de Spearman		Coef. Correlación	0.67
	Riego por Aspersión	Sig	0.00001
		N	35.00
		Coef. Correlación	0.67
	Producción de cítricos	Sig	0.00001
		N	35.00

Fuente: Elaboración propia.

En la tabla 40 se observa, el análisis de correlación de Spearman entre el riego por aspersión y la producción de cítricos revela un coeficiente de correlación de 0.67, indicando una relación positiva moderada. Este hallazgo sugiere que a medida que aumenta el riego por aspersión, la producción de cítricos tiende a incrementarse. Aunque la relación no es completamente lineal, el nivel de significancia es menor a 0.05 ($p = 0.00001 < 0.05$), lo que conduce al rechazo de la hipótesis nula (H_0) y a la aceptación de la hipótesis alternativa (H_a) que postula una correlación positiva significativa entre el riego por aspersión y la producción de cítricos en la cuenca del Río Mándor en la provincia de La Convención Cusco, en el año 2021.

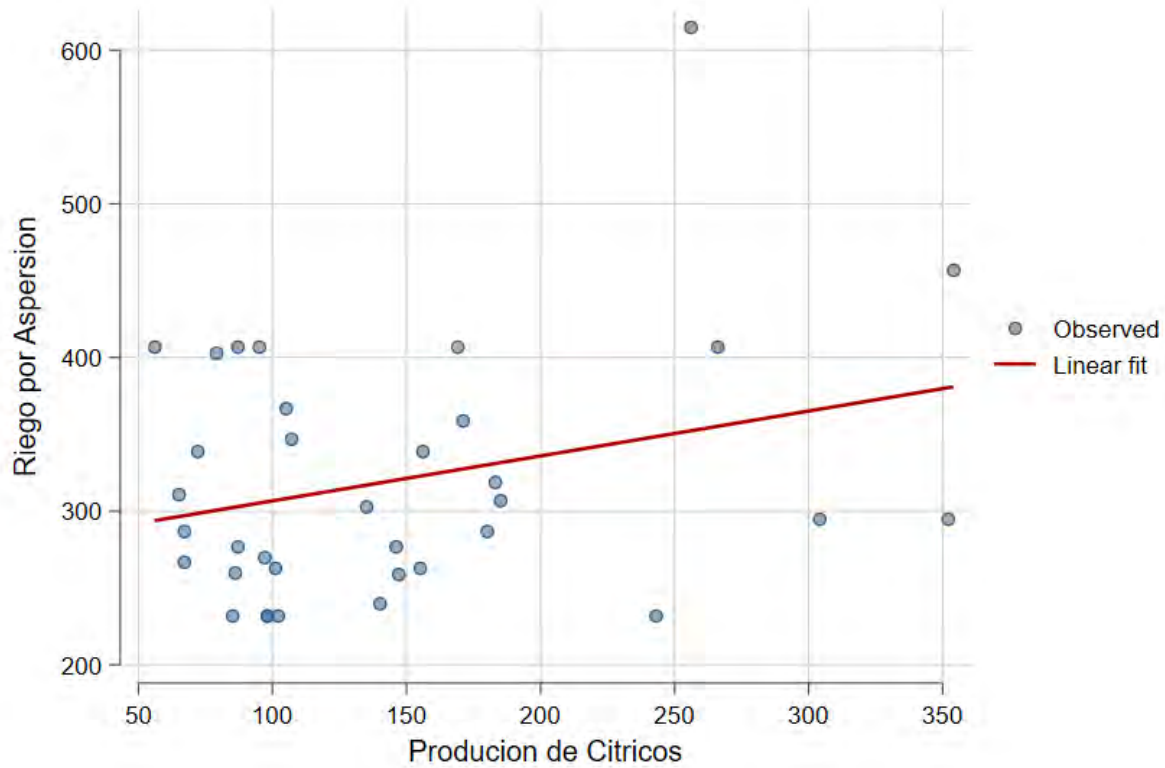
Según los resultados obtenidos, se ha identificado una relación directa entre el riego por aspersión y la producción de cítricos. Esta relación ha demostrado ser estadísticamente significativa, lo cual respalda la hipótesis de que el incremento en la aplicación del riego por aspersión tiene un impacto positivo en la producción de cítricos en la zona de estudio.

Cabe señalar que en lo referente al desempeño hidráulico del riego por aspersión se determinó un coeficiente de uniformidad promedio de 47.74%, considerado bajo para un manejo eficiente del agua. Sin embargo, a pesar de la baja uniformidad en la distribución del agua, la disponibilidad hídrica total suministrada al cultivo fue suficiente para mejorar la producción de cítricos. Es decir, aunque algunas zonas de las parcelas recibieron más agua y otras menos, la reducción del estrés hídrico general permitió obtener un efecto productivo positivo. Los cítricos, además, poseen cierta capacidad de adaptación y compensación, de modo que los frutos provenientes de sectores con mejor disponibilidad de agua contribuyeron a elevar la producción total, compensando parcialmente las áreas menos favorecidas.

Asimismo, el coeficiente de uniformidad evalúa la eficiencia de uniformidad del sistema de riego y no refleja la respuesta fisiológica del cultivo. Por ello, es posible observar incrementos significativos en la producción incluso cuando la uniformidad es baja, aunque esta situación no representa el escenario óptimo.

Figura 19.

Línea de tendencia de riego por aspersión y producción de cítricos



Fuente: Elaboración propia.

5.2.4. Especificación del modelo econométrico

El modelo de regresión múltiple que se presenta tiene como objetivo analizar la relación entre diversos factores de riego por aspersión y la producción de cítricos, en este caso, la variable dependiente es la producción de cítricos, y las variables independientes son varios factores relacionados con el riego, tales como el conocimiento sobre los hidrantes, presión del agua, tipo de aspersor, cantidad de aspersores, el uso de otras fuentes de agua, el uso de elevadores para el riego y la existencia de conflictos por el uso del agua.

$$y = \beta_0 + \beta_1 x_1 + \beta_2 x_2 + \beta_3 x_3 + \beta_4 x_4 + \beta_5 x_5 + \beta_6 x_6 + \varepsilon$$

Donde:

- y : es la variable dependiente que se intenta predecir o explicar mediante los factores de riego por aspersión.
- β_0 : Es el intercepto o constante del modelo, que representa el valor de la producción de cítricos cuando todas las variables independientes (factores de riego) son iguales a cero.
- $\beta_1, \beta_2, \beta_3, \beta_4, \beta_5, \beta_6$: son coeficientes de las variables explicativas o variables independientes (factores de riego por aspersión).
- ε : error de estimación de modelo de regresión.

Tabla 41.

Influencia de factores relacionados al riego por aspersión en la producción de cítricos

Factores de riego por aspersión	(1) Producción de Cítricos
Sabe que es un hidrante	125.249 (0.197)
Presión del agua	-16.502 (0.614)
Tipo de aspersor	-50.041 (0.250)
Cantidad de aspersores	-11.906 (0.750)
Otras fuentes de agua	22.650 (0.469)
Elevador para riego en sus naranjas	-39.203 (0.244)
Conflictos por uso de agua u otros	-16.942 (0.571)
Constante	107.754 (0.343)
Observations	35
R-squared	0.189
F-Stat	0.896
Prob > F	0.523

pval in parentheses

*** $p < 0.01$, ** $p < 0.05$, * $p < 0.1$

Fuente: Elaboración propia.

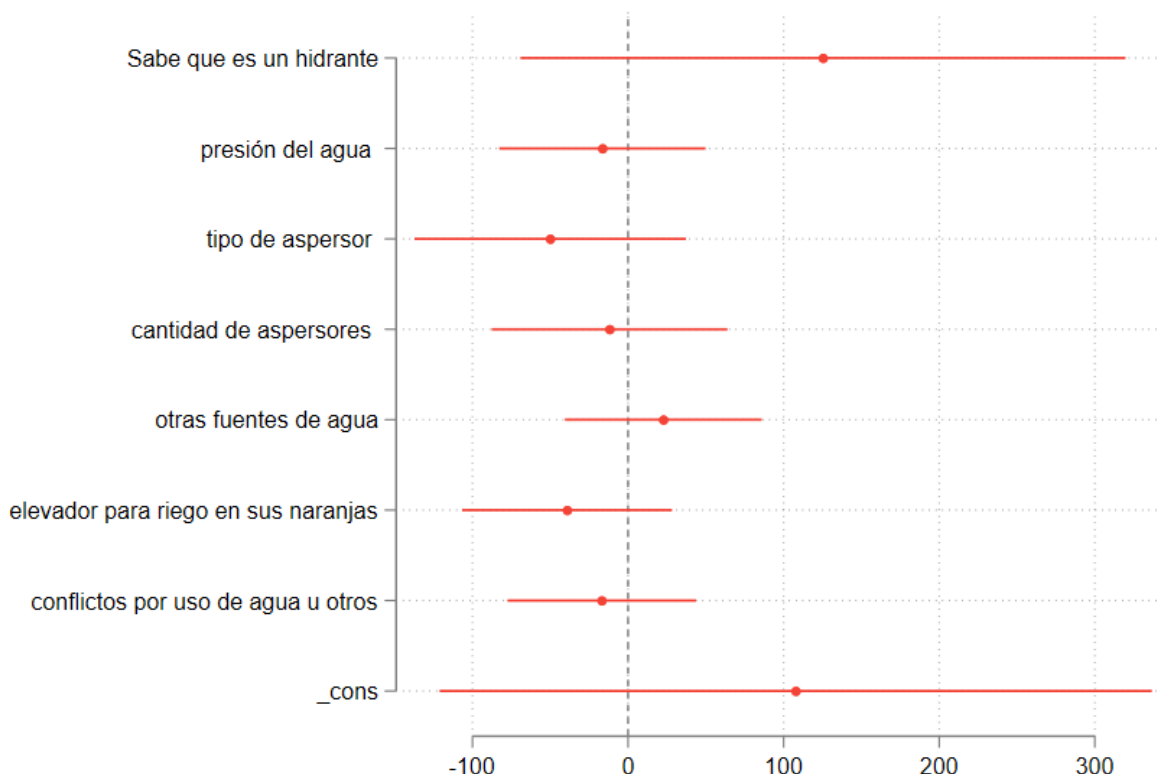
En la tabla 41 se presenta un análisis de regresión lineal que examina la influencia de diversos factores relacionados con el riego por aspersión sobre la producción de cítricos, entre los factores considerados, sabe qué es un hidrante tiene un coeficiente positivo de 125.249, pero con un valor p de 0.197, lo que indica que no es estadísticamente significativo, similarmente, la presión del agua muestra un coeficiente negativo de -16.502, pero su valor p de 0.614 también señala que no tiene un impacto significativo en la producción de cítricos, asimismo al tipo de aspersor, el coeficiente negativo de -50.041, con un valor p de 0.250, sugiere que no existe una relación significativa entre este factor y la producción de cítricos, la cantidad de aspersores también presenta un coeficiente negativo de -11.906, con un valor p de 0.750, lo que refuerza la idea de que este factor no influye de manera significativa en la producción

Por otro lado en el caso de otras fuentes de agua, el coeficiente positivo de 22.650 y un valor p de 0.469 indican que, aunque la relación parece positiva, no es estadísticamente significativa, el factor elevador para riego en las naranjas, con un coeficiente negativo de -39.203 y un valor p de 0.244, tampoco muestra una relación significativa con la producción de cítricos, finalmente, los conflictos por el uso de agua u otros presentan un coeficiente negativo de -16.942 y un valor p de 0.571, sugiriendo que este factor no tiene un efecto relevante en la producción

El coeficiente de determinación, el R^2 de 0.189 indica que solo el 18.9% de la variabilidad en la producción de cítricos puede explicarse por los factores de riego por aspersión incluidos en el modelo, lo que sugiere que existen otros factores no considerados que podrían tener un mayor impacto, el valor p del F-stat de 0.523 también revela que el modelo en su conjunto no es estadísticamente significativo, lo que implica que los factores analizados no tienen una relación fuerte o significativa con la producción de cítricos.

Figura 20.

Efectos positivos y negativos de factores de riego por aspersión



Fuente: Elaboración propia.

En el análisis presentado en la figura 20, se observan tanto los efectos positivos como negativos de los factores de riego por aspersión sobre la producción de cítricos, aunque ninguno de ellos es estadísticamente significativo, los factores con efectos positivos incluyen saber qué es un hidrante, que sugiere una relación positiva con la producción, y otras fuentes de agua, que también podría tener un impacto positivo, por otro lado, los factores con efectos negativos incluyen presión del agua, tipo de aspersor, cantidad de aspersores, elevador para riego en las naranjas, y conflictos por el uso de agua u otros, todos los cuales sugieren una posible relación inversa con la producción de cítricos, sin embargo, dado que los valores p asociados a todos estos factores son mayores que 0.05, no se puede concluir de manera significativa que alguno de ellos tenga un efecto directo sobre la producción, lo que sugiere que, aunque existen tendencias, no hay suficiente evidencia estadística para afirmarlo.

5.2.5. Análisis de relación y efectos de los indicadores

Tabla 42.

Correlación de Pearson de indicadores analizados

Variables	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)
(1) Diametro ecuatorial del fruto	1.000							
(2) Peso / fruto (kg)	0.770* (0.000)	1.000						
(3) Coeficiente de uniformidad Distribucion	-0.290 (0.091)	-0.082 (0.638)	1.000					
(4) Eficiencia de aplicacion	0.167 (0.338)	0.220 (0.203)	0.122 (0.486)	1.000				
(5) Coef. de uniformidad Christiansen	-0.259 (0.132)	-0.102 (0.561)	0.809* (0.000)	0.177 (0.309)	1.000			
(6) Área regada (m ²)	0.219 (0.206)	0.175 (0.313)	0.218 (0.208)	0.031 (0.860)	0.267 (0.121)	1.000		
(7) Caudal descargado(1/s)	0.292 (0.089)	0.339 (0.046)	0.124 (0.476)	0.006 (0.975)	0.276 (0.108)	0.613* (0.000)	1.000	
(8) Promedio de presiones (bar)	0.032 (0.854)	-0.067 (0.702)	-0.036 (0.837)	0.047 (0.791)	0.110 (0.528)	-0.180 (0.300)	0.156 (0.371)	1.000

*** $p < 0.01$, ** $p < 0.05$, * $p < 0.1$

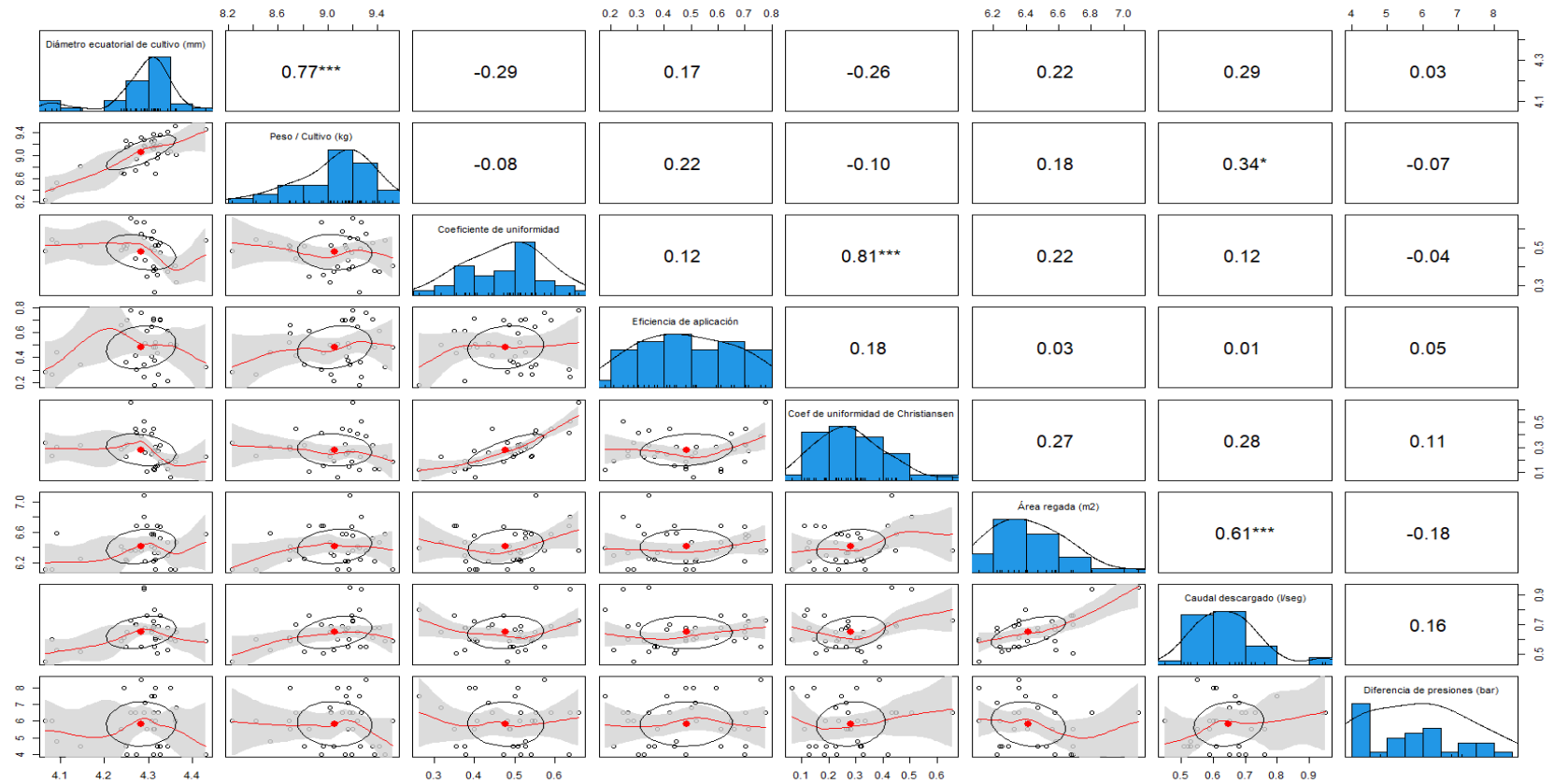
Fuente: Elaboración propia.

En la tabla 42, se observa las correlaciones entre los indicadores del riego por aspersión y características de la producción de cítricos, el caudal descargado (variable independiente) tiene una correlación positiva y significativa con el peso del cultivo ($r=0.339$, $p=0.046$), lo que sugiere que un mayor caudal descargado se asocia con un incremento en el peso de los cítricos, por otro lado, aunque existe una relación positiva entre el caudal descargado y el diámetro ecuatorial del cultivo ($r=0.292$), esta no alcanza significancia estadística ($p=0.089$), lo que indica que este efecto es más débil o menos consistente.

De misma forma, los otros indicadores evaluados, como la eficiencia de aplicación, el coeficiente de uniformidad y el promedio de presiones de los aspersores evaluados, se observa que las correlaciones con las variables dependientes no son significativas, lo que sugiere que su impacto en las características de los cultivos es limitado o no concluyente en el contexto del presente análisis. Estos resultados subrayan que el caudal descargado se perfila como un factor clave para explicar las variaciones en el peso del cultivo, mientras que su influencia en el diámetro ecuatorial requiere mayor evidencia para ser confirmada.

Figura 21.

Histogramas, normalidad y correlación de Pearson de los indicadores



Fuente: Elaboracion propia.

La figura 21, proporciona una representación visual que complementa los resultados numéricos de la tabla 42, los histogramas muestran la distribución de las variables, ayudando a evaluar si estas siguen una distribución aproximadamente normal, lo cual es un supuesto fundamental para interpretar las correlaciones de Pearson, la correlación positiva entre el caudal descargado y el peso del cultivo se refleja en la dispersión de los puntos, que tienden a alinearse en una dirección ascendente, adicionalmente, los histogramas permiten identificar la homogeneidad o dispersión de los datos en otros indicadores, la figura confirma la ausencia de patrones claros en las relaciones entre variables como la eficiencia de aplicación y el promedio de presiones de los aspersores con el peso y el diámetro del cultivo, validando que estas asociaciones no son estadísticamente significativas.

Tabla 43.

Efecto del coeficiente de uniformidad en diámetro ecuatorial del fruto (mm)

Variables	(1) Diámetro ecuatorial de fruto (mm)
Coeficiente de uniformidad	-0.00056*** (0.000)
Constante	0.0128** (0.000)
Observaciones	35
R-squared	0.028
F-Stat	0.983
Prob > F	0.0910

pval in paréntesis

*** p<0.01, ** p<0.05, * p<0.1

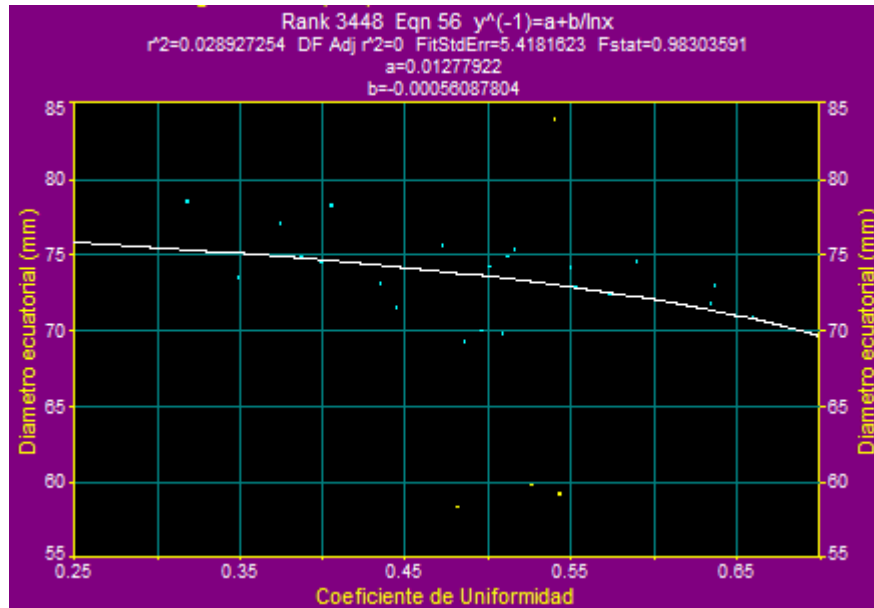
Fuente: Elaboración propia.

En la Tabla 43, el coeficiente de uniformidad tiene un efecto negativo y estadísticamente significativo sobre el diámetro ecuatorial del fruto ($\beta = -0.00056$, $p < 0.01$). indicando una leve tendencia decreciente del tamaño del fruto conforme aumenta la uniformidad del riego. Sin

embargo, esta relación no fue estadísticamente significativa al nivel del 5% ($\text{Prob} > F = 0.091$), No obstante, el coeficiente de determinación ($R^2 = 0.028$) indica que el modelo explica únicamente el 2.8% de la variabilidad de esta variable, lo que refleja un ajuste limitado y sugiere que otros factores no incluidos en el modelo podrían estar influyendo con mayor peso.

Figura 22.

Línea de tendencia entre coeficiente de uniformidad en diámetro ecuatorial del fruto (mm)



Fuente: Elaboración propia.

En la figura 22, El modelo ajustado tiene la forma $Y^{-1}=a+b/\ln(x)$, lo que sugiere que se utilizó una transformación logarítmica inversa para mejorar el ajuste de los datos. Aun así, la relación sigue siendo débil, donde la línea blanca que representa el modelo ajustado muestra una pendiente negativa, lo que indica que a mayores valores del coeficiente de uniformidad, el diámetro ecuatorial del fruto tiende a disminuir. Esta observación es coherente con el coeficiente $\beta = -0.00056$ obtenido en el modelo. También se observa una notable dispersión en los puntos, lo que indica que existe variabilidad no explicada por el modelo. Algunos puntos se alejan considerablemente de la curva ajustada.

El valor de $R^2 = 0.0289$, confirma que solo el 2.89% de la variabilidad en el diámetro ecuatorial del fruto es explicada por el coeficiente de uniformidad. Es decir, aunque existe una

tendencia, su impacto es débil y marginalmente significativo, esto indica que el coeficiente de uniformidad podría tener cierto efecto, pero no es el principal determinante del diámetro ecuatorial; es probable que existan otros factores agronómicos, ambientales o genéticos más influyentes.

Tabla 44.

Efecto de la eficiencia de aplicación en diámetro ecuatorial del fruto (mm)

Variables	(1) Diámetro ecuatorial de fruto (mm)
Eficiencia de aplicación	8.114 (1.476)
1/eficiencia de aplicación	2.346 (0.426)
Constante	73.53 (13.377)
Observaciones	35
R-squared	0.030
F-Stat	0.503
Prob > F	0.338

pval in parentheses

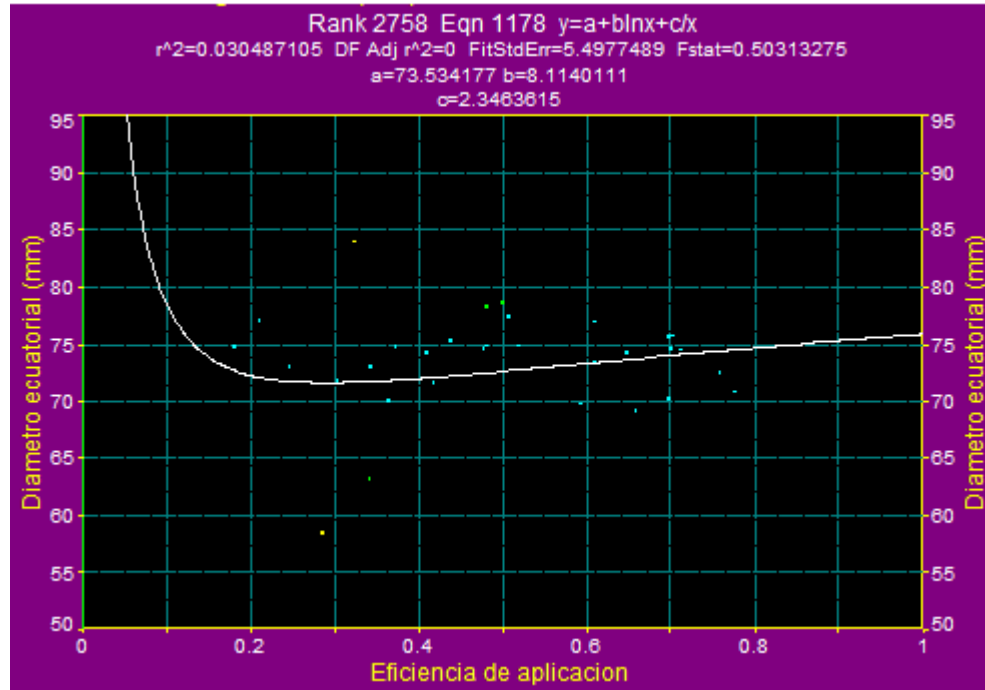
*** $p < 0.01$, ** $p < 0.05$, * $p < 0.1$

Fuente: Elaboración propia.

El análisis del efecto de la eficiencia de aplicación sobre el diámetro ecuatorial del fruto (Tabla 44) mostró coeficientes positivos para la eficiencia de aplicación (8.114) y su inverso (2.346); sin embargo, estos efectos no fueron estadísticamente significativos ($p > 0.05$). El modelo presentó un coeficiente de determinación bajo ($R^2 = 0.030$), indicando que la eficiencia de aplicación explica únicamente el 3 % de la variación en el diámetro del fruto. Estos resultados evidencian que la eficiencia del riego no tuvo un efecto directo significativo sobre el tamaño del fruto, sugiriendo que otros factores agronómicos o ambientales pueden tener una mayor incidencia en el desarrollo del cultivo.

Figura 23.

Línea de tendencia del efecto de la eficiencia de aplicación en diámetro ecuatorial del fruto (mm)



Fuente: Elaboración propia.

En la figura 23, La gráfica muestra una función logarítmica combinada con un término inverso: $y=a+b\cdot\ln(x)+c/x$, se observa la relación entre la eficiencia de aplicación del riego y el diámetro ecuatorial del fruto. La curva ajustada mediante una función logarítmica e inversa muestra una tendencia en forma de "U" asimétrica, con mayor variabilidad del tamaño del fruto en condiciones de baja eficiencia de riego. Sin embargo, el valor de $R^2 = 0.030$ indica que el modelo tiene un poder explicativo muy bajo, y la significancia estadística del ajuste es limitada ($p > 0.05$). Por lo tanto, si bien visualmente podría inferirse una leve mejora en el tamaño del fruto con eficiencias mayores, no se puede establecer una relación significativa ni concluyente entre ambas variables en este análisis.

Tabla 45.

Efecto de la uniformidad de distribucion en diámetro ecuatorial del fruto (mm)

Variables	(1) Diámetro ecuatorial de fruto (mm)
Uniformidad de distribucion	0.0017 (0.000)
Ln (uniformidad de distribucion)	1.336 (0.245)
Constante	0.013** (0.002)
Observaciones	35
R-squared	0.05
F-Stat	0.859
Prob > F	0.132

pval in paréntesis

*** $p < 0.01$, ** $p < 0.05$, * $p < 0.1$

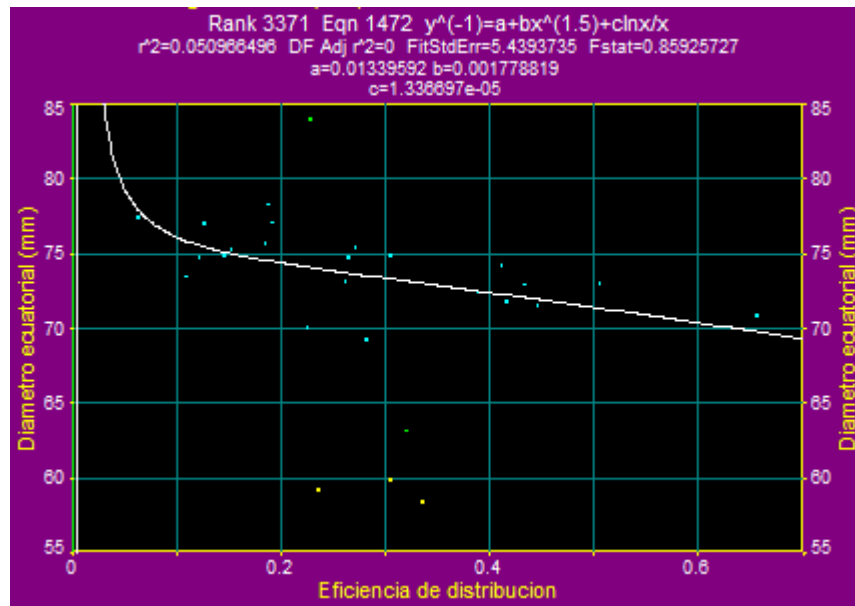
Fuente: Elaboración propia.

En la tabla 45, presenta los resultados del análisis del efecto de la uniformidad de distribución del riego por aspersión sobre el diámetro ecuatorial del fruto. Se observó un coeficiente positivo y estadísticamente significativo para la variable de uniformidad (0.0017; $p < 0.01$), lo cual indica que una mejor uniformidad de distribución del riego se asocia con un incremento en el tamaño del fruto. Sin embargo, el coeficiente de determinación ($R^2 = 0.05$) sugiere que el modelo explica solamente el 5% de la variabilidad observada, y el conjunto del modelo no resulta estadísticamente significativo ($p > 0.1$).

Por lo tanto, aunque se identifica una tendencia positiva entre uniformidad y tamaño del fruto, esta relación debe interpretarse con cautela, considerando que otros factores agronómicos y ambientales no incluidos en el modelo podrían estar desempeñando un papel más relevante en la determinación del tamaño final del fruto.

Figura 24.

Línea de tendencia en uniformidad de distribución en diámetro ecuatorial del fruto (mm)



Fuente: Elaboración propia.

En la figura 24, la figura muestra un modelo ajustado de $y^{-1}=a+b \cdot x^{1.5}+c \cdot \ln x/x$ entre la relación de uniformidad de distribución del riego por aspersión y el diámetro ecuatorial del fruto. La curva ajustada presenta una ligera pendiente negativa, lo que sugiere que una menor eficiencia de distribución podría estar relacionada con una reducción en el tamaño del fruto. Sin embargo, el modelo presenta un coeficiente de determinación bajo ($R^2 = 0.051$) y no es estadísticamente significativo ($F\text{-stat} = 0.859$; $p > 0.1$), por lo que no se puede afirmar con certeza que exista una relación sólida entre estas variables.

Se observa también una mayor dispersión de los datos en condiciones de baja eficiencia de distribución (< 0.2), lo que podría indicar una mayor variabilidad en el desarrollo del fruto cuando la distribución del agua es deficiente. A pesar de la tendencia observada, se concluye que la eficiencia de distribución no es un factor determinante del tamaño del fruto en este estudio.

Tabla 46.

Efecto del área regada en el diámetro ecuatorial del fruto (mm)

Variables	(1) Diámetro ecuatorial de fruto (mm)
Área regada (m ²)	-2.651 (0.481)
Ln (área regada m ²) / (área regada m ²) ²	-1.845 (0.335)
Constante	0.013** (0.002)
Observaciones	35
R-squared	0.028
F-Stat	0.473
Prob > F	0.206

pval in paréntesis

*** p<0.01, ** p<0.05, * p<0.1

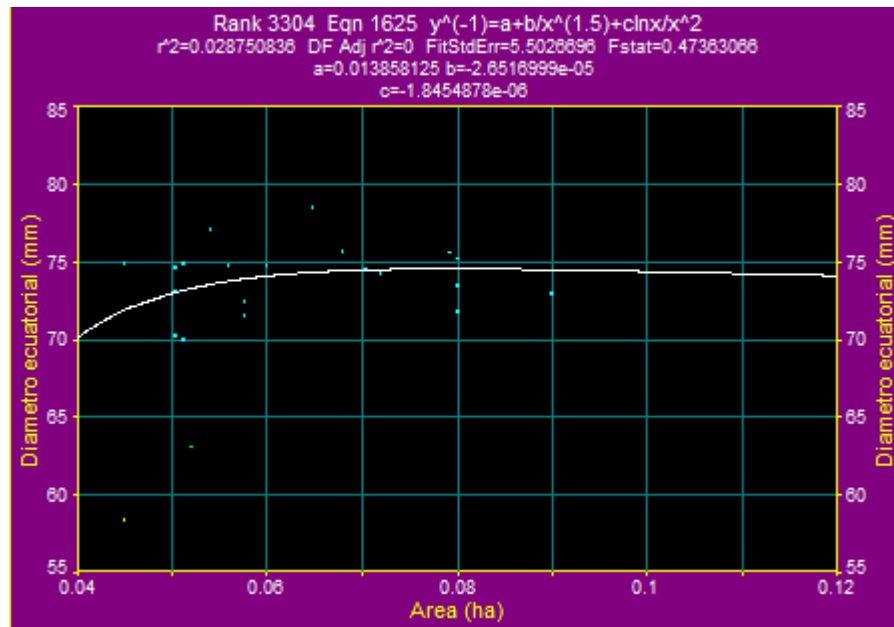
Fuente: Elaboración propia.

En la tabla 46 muestra el efecto del área regada sobre el diámetro ecuatorial del fruto. Aunque se observa una relación negativa, los coeficientes obtenidos para las variables (área regada y su transformación logarítmica) no son estadísticamente significativos ($p > 0.05$). Además, el modelo presenta un coeficiente de determinación bajo ($R^2 = 0.028$), lo que indica que la variabilidad en el diámetro del fruto no puede explicarse de manera suficiente por esta variable.

Por tanto, se concluye que, en las condiciones del presente estudio, el área regada no tiene un efecto significativo sobre el tamaño del fruto, aunque futuras investigaciones podrían explorar esta relación en combinación con otros factores como la densidad de plantación, la frecuencia de riego y las condiciones del suelo.

Figura 25.

Línea de tendencia del efecto del área regada en el diámetro ecuatorial del fruto (mm)



Fuente: Elaboración propia.

En la figura 25, muestra una ecuación ajustada de $y^{(-1)} = a + b/x^{(1.5)} + c \cdot \ln(x)/x^2$, se observa que a medida que se incrementa el área regada, existe una leve tendencia decreciente en el diámetro ecuatorial del fruto. Sin embargo, esta relación no es estadísticamente significativa ($R^2 = 0.028$, $p > 0.05$), y el modelo explica apenas un 2.88% de la variabilidad del diámetro del fruto. Estos resultados indican que el área regada, en las condiciones evaluadas, no tiene un efecto determinante sobre el tamaño del fruto, aunque podría influir de forma indirecta cuando se combina con otros factores como la distribución del riego, presión, o eficiencia de aplicación.

Tabla 47.

Efecto de caudal descargado en el diámetro ecuatorial del fruto (mm)

Variables	(1) Diametro ecuatorial de fruto (mm)
Caudal descargado (l/s)	477.65 (96.01)
Constante	5823.39 (1.170)
Observaciones	35
R-squared	0.18
F-Stat	7.304
Prob > F	0.0890

pval in parentheses

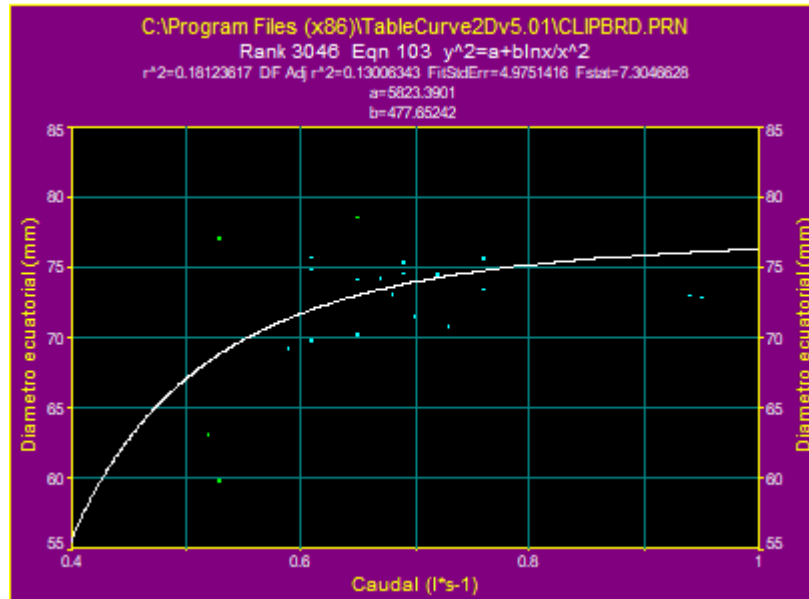
*** p<0.01, ** p<0.05, * p<0.1

Fuente: Elaboración propia.

En la tabla 47, La regresión del diámetro ecuatorial del fruto frente al caudal descargado muestra una relación positiva moderadamente significativa ($p < 0.1$). El coeficiente obtenido sugiere que un mayor caudal podría estar asociado con un incremento en el tamaño del fruto, lo cual concuerda con el principio de que una mayor disponibilidad de agua favorece el desarrollo de estructuras vegetativas y reproductivas. El modelo explica el 18% de la variabilidad del diámetro, superando a otras variables analizadas, lo que resalta la importancia del caudal como factor determinante en el desarrollo del fruto. Sin embargo, se recomienda ajustar la escala o unidades para una mejor interpretación práctica del coeficiente.

Figura 26.

Línea de tendencia del efecto de caudal descargado en el diámetro ecuatorial del fruto (mm)



Fuente: Elaboración propia.

En la figura 26, presenta una ecuación $y^2 = a + b \ln(x/x^2)$, donde se observa una relación creciente entre el caudal descargado y el diámetro ecuatorial del fruto. A caudales bajos (0.4–0.6 l/s), el impacto sobre el tamaño del fruto es más marcado, mientras que a mayores caudales la curva se estabiliza, indicando un efecto marginal decreciente. Esta relación es estadísticamente significativa al 10% ($p = 0.089$), con un R^2 de 0.18; lo que sugiere que el caudal es una variable explicativa importante en el desarrollo del fruto. La tendencia observada podría asociarse a una mejora en la disponibilidad de agua en la zona radicular en condiciones de mayor caudal, favoreciendo el desarrollo del fruto hasta alcanzar un umbral fisiológico.

Tabla 48.

Efecto del promedio de presiones de los aspersores en el diámetro ecuatorial del fruto (mm)

Variables	(1) Diámetro ecuatorial de cultivo (mm)
Promedio de presiones (bar)	359.75 (68.733)
1/ (Promedio de presiones (bar)) ²	-1322.59 (252.69)
Constante	-108.37 (20.705)
Observaciones	35
R-squared	0.12
F-Stat	2.206
Prob > F	0.854

pval in paréntesis

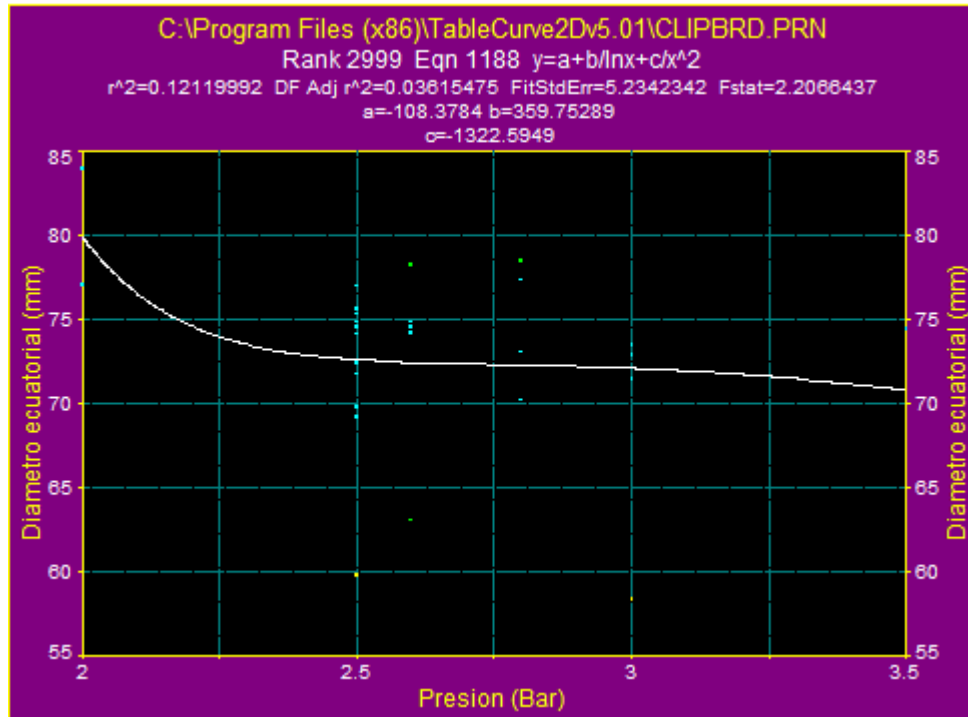
*** p<0.01, ** p<0.05, * p<0.1

Fuente: Elaboración propia.

En tabla 48, muestra que el promedio de presiones de los aspersores en el riego por aspersión tiene una relación cuadrática con el diámetro ecuatorial del fruto. El coeficiente positivo de la variable lineal ($\beta = 359.75$) y el coeficiente negativo del inverso del cuadrado ($\beta = -1322.59$) sugieren que existe un punto óptimo de presión diferencial que maximiza el desarrollo del fruto. No obstante, el ajuste del modelo es limitado ($R^2 = 0.12$) y la significancia estadística general es baja ($p > 0.05$), lo que indica que, aunque la presión diferencial podría influir en el tamaño del fruto, su efecto es condicionado por otras variables del sistema de riego y del entorno fisiológico del cultivo.

Figura 27.

Línea de tendencia del efecto de promedio de presiones en el diámetro ecuatorial del fruto (mm)



Fuente: Elaboración propia.

En figura 27, muestra una ecuación ajustada $y=a+b/\ln(x)+c/x^2$, donde el promedio de presiones de los aspersores tiene un efecto moderadamente negativo sobre el diámetro ecuatorial del fruto. A medida que la presión aumenta, el tamaño del fruto tiende a disminuir levemente, posiblemente debido a una redistribución desigual del agua o a un exceso de presión en los emisores. El modelo logarítmico-inverso utilizado sugiere que existe un rango de presión óptima donde el tamaño del fruto es mayor. No obstante, la baja capacidad explicativa del modelo ($R^2 = 0.12$) y su significancia estadística marginal ($p = 0.0854$) indican que esta variable, si bien relevante, no actúa de forma aislada y debería evaluarse junto con otros factores del sistema hidráulico y agronómico.

Tabla 49.

Efecto del coeficiente de uniformidad en el peso/fruto(t/ha)

Variables	(1) Peso / fruto (t/ha)
Coeficiente de uniformidad	8.056 (3.337)
Constante	35.038 (14.514)
Observaciones	35
R-squared	0.017
F-Stat	0.279
Prob > F	0.638

pval in parentheses

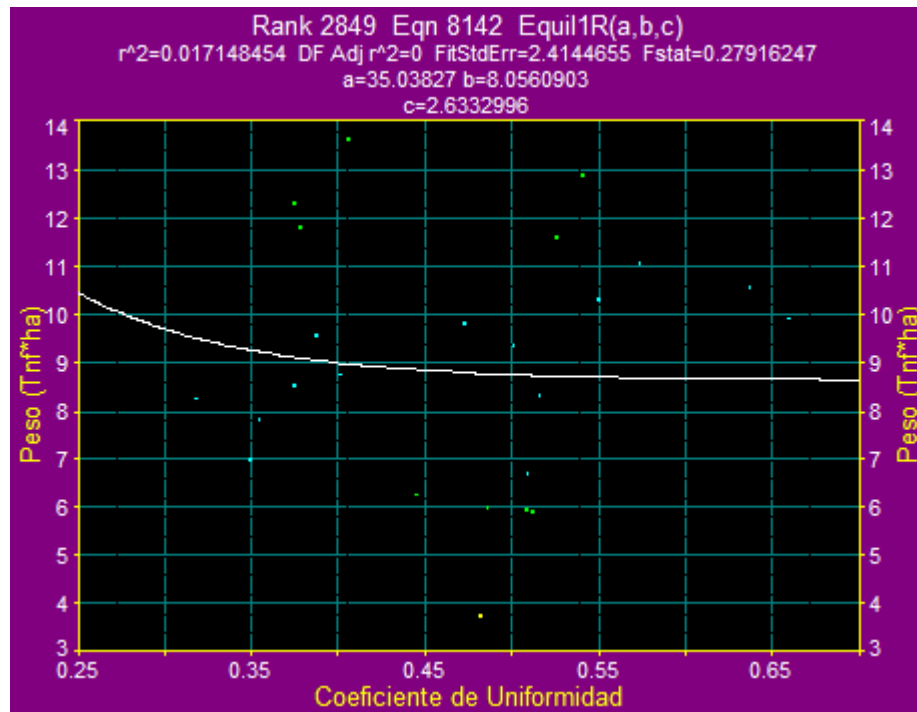
*** $p < 0.01$, ** $p < 0.05$, * $p < 0.1$

Fuente: Elaboración propia.

En la tabla 49, el análisis del efecto del coeficiente de uniformidad sobre el peso por fruto no mostró una relación estadísticamente significativa ($p = 0.638$). Aunque el coeficiente estimado fue positivo (8.056), el bajo valor de $R^2 = 0.017$, indica que esta variable apenas explica la variación observada en el rendimiento por fruto. Estos resultados sugieren que, en este conjunto de datos, el coeficiente de uniformidad no es un factor determinante del peso por fruto, por lo que se recomienda considerar otras variables hidráulicas, climáticas o agronómicas para entender mejor los factores que inciden en el rendimiento.

Figura 28.

Línea de tendencia del efecto del coeficiente de uniformidad en el peso/fruto (t/ha)



Fuente: Elaboración propia.

En la figura 28, se observa la línea de tendencia del efecto del coeficiente de uniformidad en el peso del fruto con una ecuación de regresión no lineal de tipo Equil1R(a,b,c), la línea de tendencia en la figura muestra un patrón plano y sin dirección clara, reflejando la falta de una relación estadística significativa entre el coeficiente de uniformidad y el peso del fruto. Esto refuerza el resultado de la tabla, donde no se identifica un impacto relevante de este indicador en la producción.

Tabla 50.

Efecto de la eficiencia de aplicación en el peso/fruto(t/ha)

Variables	(1) Peso / fruto (t/ha)
Eficiencia de aplicación	5.371 (2.237)
Constante	19.954 (8.310)
Observaciones	35
R-squared	0.028
F-Stat	0.462
Prob > F	0.203

pval in paréntesis

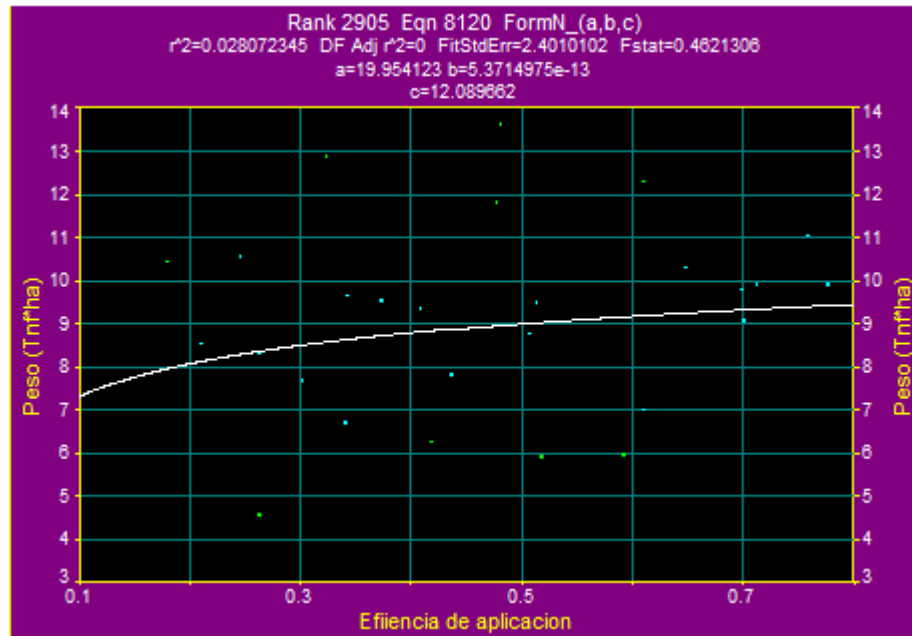
*** p<0.01, ** p<0.05, * p<0.1

Fuente: Elaboración propia.

En la tabla 50, se observa el coeficiente asociado a la eficiencia de aplicación fue positivo (5.371), indicando una posible relación directa con el peso por fruto, este resultado no fue estadísticamente significativo ($p = 0.203$). Además, el modelo presentó un bajo coeficiente de determinación ($R^2 = 0.028$), lo cual indica que la eficiencia de aplicación explica muy poca variabilidad en el rendimiento por fruto. Por lo tanto, no se puede afirmar con confianza que exista una relación robusta entre estas variables en este conjunto de datos.

Figura 29.

Línea de tendencia del efecto de la eficiencia de aplicación en el peso/fruto (t/ha)



Fuente: Elaboración propia.

En la figura 29, muestra un análisis de regresión utilizando el modelo Form N (a, b, c), se observó la línea de tendencia del efecto de la eficiencia de aplicación en el peso del cultivo, la figura presenta una ligera pendiente ascendente, lo que visualmente sugiere una posible relación positiva entre la eficiencia de aplicación y el peso del cultivo. sin embargo, la falta de significancia estadística limita la interpretación de esta tendencia.

Tabla 51.

Efecto de uniformidad de distribucion en el peso del fruto(t/ha)

Variables	(1) Peso / Cultivo (t/ha)
Uniformidad de distribucion	-1.680 (0.702)
Constante	7.795 (3.257)
Observaciones	35
R-squared	0.010
F-Stat	0.126
Prob > F	0.561

pval in paréntesis

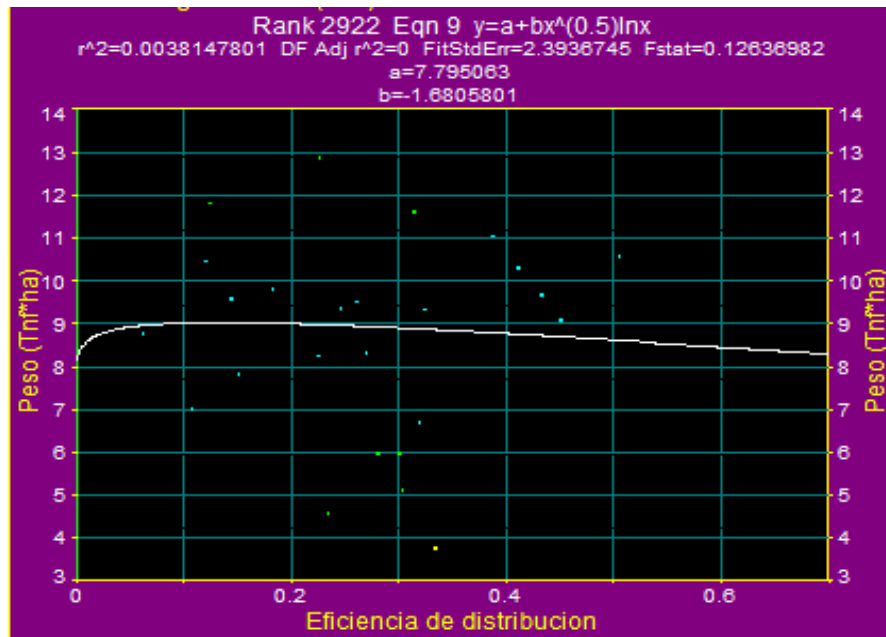
*** p<0.01, ** p<0.05, * p<0.1

Fuente: Elaboración propia.

En la tabla 51, se aprecia el efecto de uniformidad de distribucion en el peso del fruto, la uniformidad de distribucion tiene un efecto negativo, pero no significativo sobre el peso del fruto ($\beta=-1.680$, $p=0.702$). Esto indica que este indicador no tiene un impacto relevante en la producción de cítricos, el $R^2=0.0038$ confirma que el modelo explica solo el 0.38% de la variabilidad en el peso del fruto.

Figura 30.

Línea de tendencia del efecto de uniformidad de distribución en el peso/fruto (t/ha)



Fuente: Elaboración propia.

En la figura 30, se presenta una ecuación del tipo $y=a+b \cdot x^{0.5} \cdot \ln(x)$, que modela la relación entre la uniformidad de distribución y el peso del fruto (t/ha). La línea de tendencia muestra una pendiente levemente descendente, lo cual sugiere una posible relación negativa entre ambas variables. No obstante, dado que el modelo no es estadísticamente significativo y el coeficiente de determinación es muy bajo, dicha tendencia resulta débil y carece de relevancia práctica. Esto indica que, en este caso, la uniformidad de distribución no explica de manera adecuada la variación en el peso del fruto.

Tabla 52.

Efecto de área regada en el Peso del fruto (t/ha)

Variables	(1) Peso / fruto (t/ha)
Área regada (m ²)	0.0068** (0.0028)
1/ (Área regada (m ²)) ²	0.020** (0.008)
Constante	8.783 (3.644)
Observaciones	35
R-squared	0.020
F-Stat	0.327
Prob > F	0.313

pval in parentheses

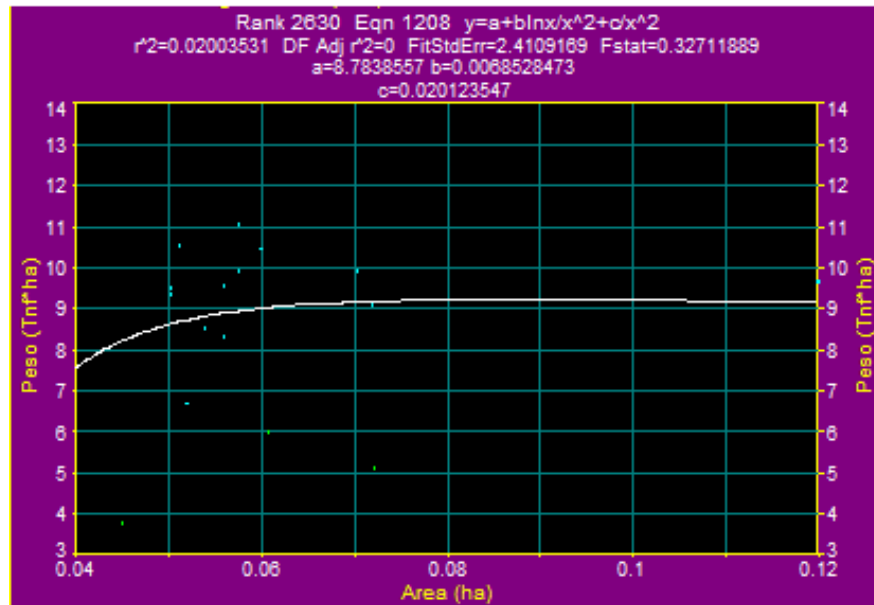
*** p<0.01, ** p<0.05, * p<0.1

Fuente: Elaboración propia.

En la tabla 52, se observa el análisis del efecto del área regada sobre el peso del fruto (t/ha), se observó que tanto el término lineal como el inverso cuadrático del área presentaron coeficientes positivos y estadísticamente significativos al nivel del 5%. Esto sugiere una posible relación no lineal en la que el incremento del área regada se asocia con un aumento en el peso del fruto. Sin embargo, a pesar de la significancia de los coeficientes individuales, el modelo en su conjunto no resulta estadísticamente significativo ($p > 0.3$) y explica apenas el 2% de la variabilidad observada en los datos. En consecuencia, si bien se detectan indicios de una relación positiva, estos resultados deben interpretarse con cautela, ya que la capacidad explicativa del modelo es limitada y podrían intervenir otros factores no considerados en esta especificación.

Figura 31.

Línea de tendencia del efecto de área regada en el peso del fruto (t/ha)



Fuente: Elaboración propia.

En la figura 31, muestra la dispersión con un ajuste de regresión no lineal que relaciona el área regada (ha) con el peso del fruto (t/ha). La ecuación utilizada es: $y=a+b \cdot \ln (x/x^2) +c/x^2$, representa el efecto del área regada (ha) sobre el peso del fruto (t/ha), mediante un modelo no lineal que incorpora términos logarítmicos e inversos. La línea de tendencia muestra un incremento leve en el peso con el aumento del área regada, aunque la relación es débil y el modelo explica apenas el 2% de la variabilidad de los datos ($R^2 = 0.02$). Además, el modelo no resulta estadísticamente significativo ($F = 0.327$, $p > 0.3$), lo que limita su utilidad práctica. A pesar de que los coeficientes individuales son consistentes con una posible relación positiva, la dispersión de los datos y la baja capacidad explicativa sugieren que el área regada, por sí sola, no es un buen predictor del peso del fruto en este conjunto de observaciones.

Tabla 53.

Efecto de caudal descargado en el peso del fruto (t/ha)

Variables	(1) Peso / fruto (t/ha)
Caudal descargado (l/s)	-6.033 (2.690)
Constante	10.248 (4.570)
Observaciones	35
R-squared	0.12
F-Stat	4.758
Prob > F	0.0465

pval in paréntesis

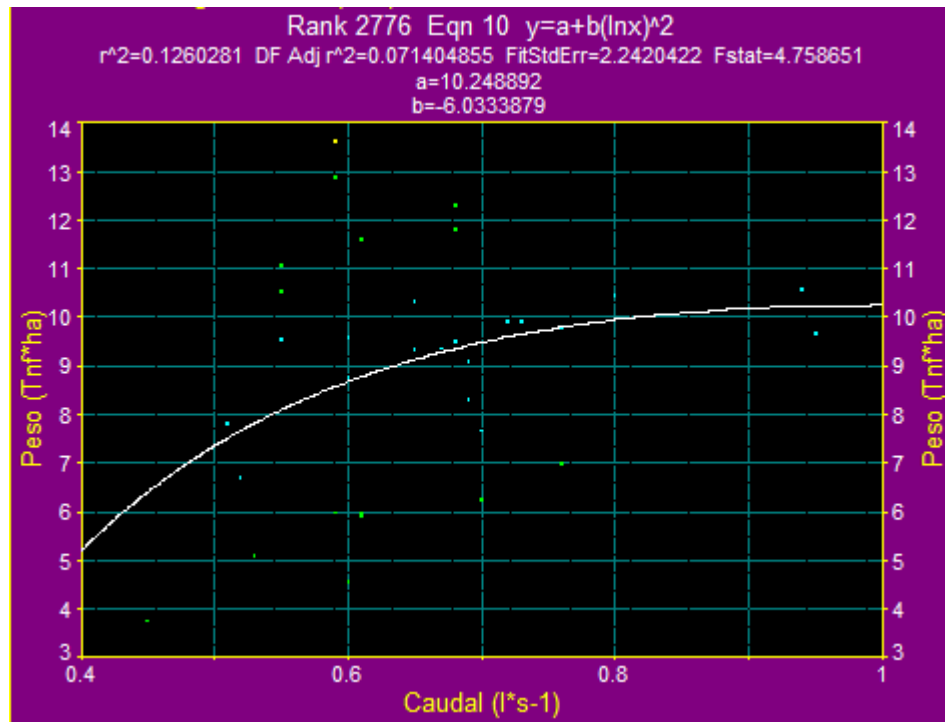
*** $p < 0.01$, ** $p < 0.05$, * $p < 0.1$

Fuente: Elaboración propia.

En la tabla 53, se observa el efecto del caudal descargado en el peso del fruto. El caudal descargado tiene un efecto negativo y no significativo sobre el peso del fruto ($\beta = -6.033$, $p = 2.690$), esto indica que un mayor caudal descargado está asociado con un incremento en el peso de los cítricos, lo que convierte a este indicador en un factor relevante para la optimización de la producción. El $R^2 = 0.12$ sugiere que este modelo explica el 12% de la variabilidad en el peso del fruto. Este resultado también indica que caudales excesivos podrían afectar negativamente la productividad, posiblemente por factores como el encharcamiento o la lixiviación de nutrientes. Aunque el modelo explica solo el 12% de la variabilidad observada, su significancia estadística respalda la inclusión de esta variable como un factor relevante en el manejo del riego para optimizar el rendimiento del cultivo.

Figura 32.

Línea de tendencia del efecto de caudal descargado en el peso del fruto (t/ha)



Fuente: Elaboración propia.

En la figura 32, muestra un modelo no lineal $Y=a+b \cdot (\ln x)^2$ que representa la relación entre el caudal descargado (l/s) y el peso del fruto (t/ha) mediante un modelo cuadrático logarítmico. La curva presenta una tendencia descendente, lo que indica que a mayores caudales se reduce el peso del fruto. Esta relación negativa, con un coeficiente significativo ($b = -6.03, p < 0.05$), sugiere que un exceso en el caudal podría generar condiciones adversas como encharcamiento o pérdida de nutrientes, afectando negativamente la producción. A pesar de que el coeficiente de determinación es moderado ($r^2 = 0.126$), la significancia del modelo ($F_{stat} = 4.76$) refuerza la importancia de controlar adecuadamente el caudal en los sistemas de riego para optimizar el rendimiento del cultivo.

Tabla 54.

Efecto del promedio de presiones de los aspersores en el peso del fruto (t/ha)

Variables	(1) Peso / fruto (t/ha)
Promedio de presiones (bar)	-1.265 (0.528)
Constante	10.164 (4.249)
Observaciones	35
R-squared	0.004
F-Stat	0.158
Prob > F	0.702

pval in paréntesis

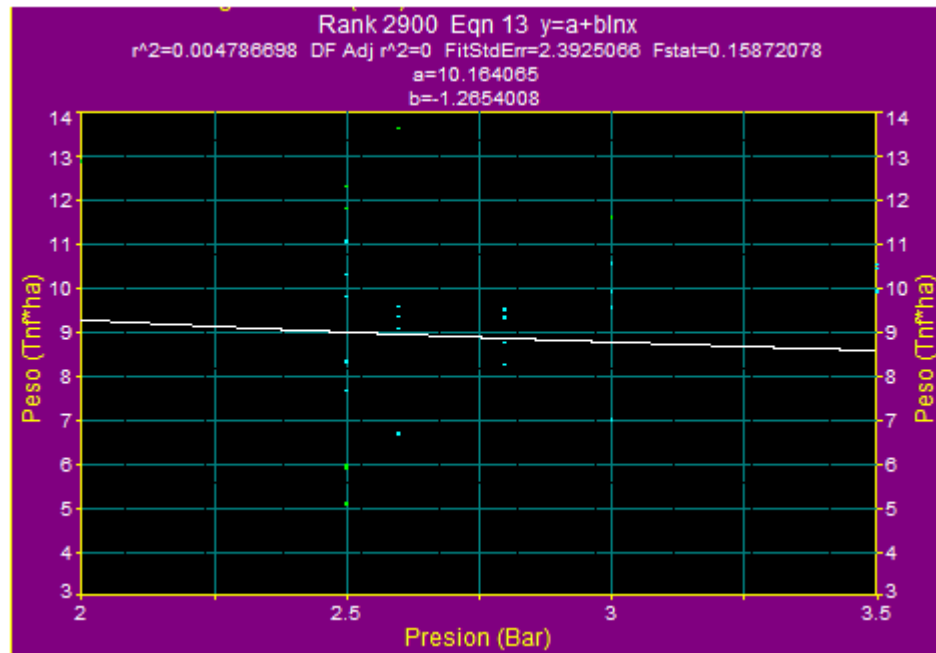
*** p<0.01, ** p<0.05, * p<0.1

Fuente: Elaboración propia.

En la tabla 54, se aprecia Los resultados del análisis estadístico revelan que las diferencias de presión entre emisores no tienen un efecto significativo sobre el peso del fruto (t/ha). Aunque el coeficiente estimado es negativo, lo que indicaría una posible relación inversa, esta no es estadísticamente significativa ($p = 0.702$). Además, el bajo valor del coeficiente de determinación ($R^2 = 0.004$) sugiere que esta variable apenas explica la variación en la producción. En consecuencia, se concluye que dentro del rango analizado, las variaciones de presión no representan un factor determinante en el rendimiento del cultivo.

Figura 33.

Línea de tendencia del efecto de promedio de presiones en el peso del fruto (t/ha)



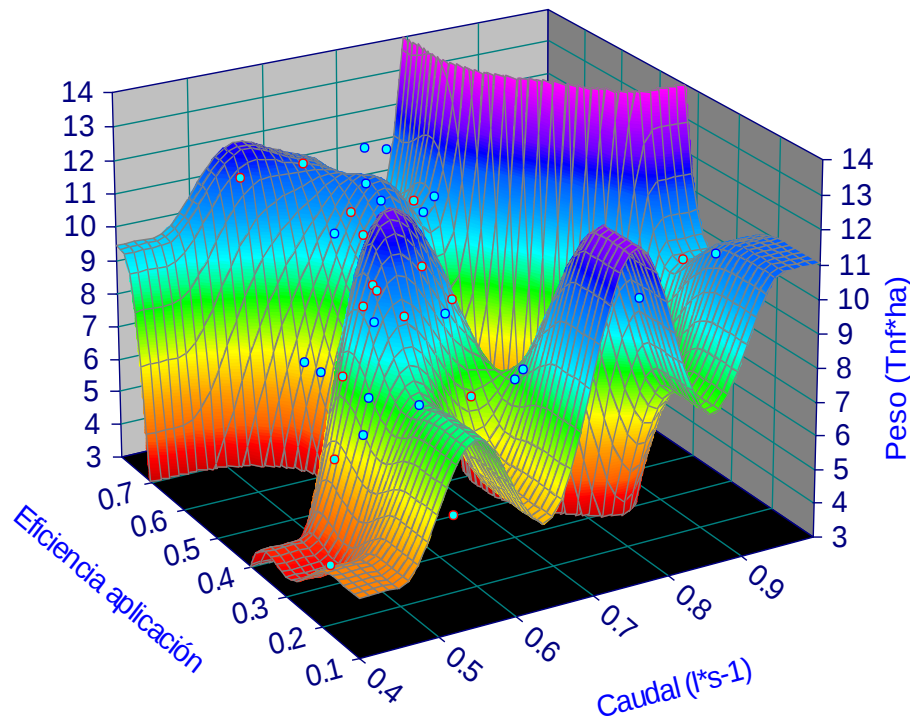
Fuente: Elaboración propia.

En la figura 33, se observa muestra una débil relación negativa entre la presión en el sistema de riego y el peso del fruto, según la ecuación del modelo logarítmico ajustado $y=a+b\cdot\ln(x)$. A pesar de la leve pendiente descendente observada en la línea de tendencia, esta relación carece de significancia estadística ($p > 0.05$, $R^2 = 0,004$), por lo que se concluye que las diferencias de presión no tienen un impacto relevante sobre el rendimiento del cultivo en las condiciones analizadas.

Figura 34.

Ecuación del efecto del caudal y eficiencia de aplicación en la producción de cítricos (t/ha).

Rank 52 Eqn 534 Cosine Series Bivariate Order 5
 $r^2=0.56238691$ DF Adj $r^2=-0.14452654$ FitStdErr=2.4357525 Fstat=0.89958652



Fuente: Elaboración propia.

En la Figura 34 representa una superficie de respuesta que evalúa el efecto combinado del caudal de riego y la eficiencia de aplicación sobre el peso del fruto (t/ha). Aunque el modelo explica un 56.2% de la variabilidad observada, su significancia estadística es limitada ($F > 0.05$), lo que sugiere que las complejidades del modelo podrían no reflejar patrones verdaderos del sistema. No obstante, se identifican zonas donde el peso del fruto es mayor, lo cual podría ser útil como referencia exploratoria para mejorar el diseño de riego en campo. También se observan *zonas con mayor peso del fruto* en rangos específicos de eficiencia de aplicación (0.25 a 0.4) y caudales (0.6 – 0.9 l/s), lo que indica una posible *interacción* entre ambas variables.

Tabla 55.

Parámetros de estimación del modelo

Parámetros	Valores	Std	Error	T-Value	95% Confidence	Limites $P> T $
a	11.30	16.76	0.67	-24.64	47.24	0.51
b	-10.54	27.60	-0.38	-69.74	48.65	0.71
c	-8.26	24.41	-0.34	-60.60	44.09	0.74
d	5.72	25.44	0.22	-48.84	60.29	0.83
e	17.12	38.95	0.44	-66.43	100.67	0.67
f	6.04	4.82	1.25	-4.31	16.38	0.23
g	-8.35	14.56	-0.57	-39.59	22.88	0.58
h	-10.15	31.65	-0.32	-78.03	57.73	0.75
i	-6.77	8.56	-0.79	-25.13	11.59	0.44
j	-0.84	5.94	-0.14	-13.57	11.89	0.89
k	3.35	8.65	0.39	-15.20	21.90	0.70
l	7.85	15.29	0.51	-24.93	40.64	0.62
m	4.93	5.14	0.96	-6.09	15.94	0.35
n	-4.12	6.99	-0.59	-19.10	10.86	0.56
o	-0.23	1.75	-0.13	-3.97	3.52	0.90
p	-2.20	2.61	-0.84	-7.79	3.40	0.41
q	-3.04	7.25	-0.42	-18.59	12.51	0.68
r	1.36	2.80	0.49	-4.65	7.38	0.63
s	-1.35	6.20	-0.22	-14.65	11.95	0.83
t	2.48	3.77	0.66	-5.61	10.56	0.52
u	0.41	1.15	0.36	-2.05	2.88	0.72

R ² Coef Det	DF Adj r2	Fit Std Err	F - value
0.56	-0.14	2.44	0.90

Fuente: Elaboración propia.

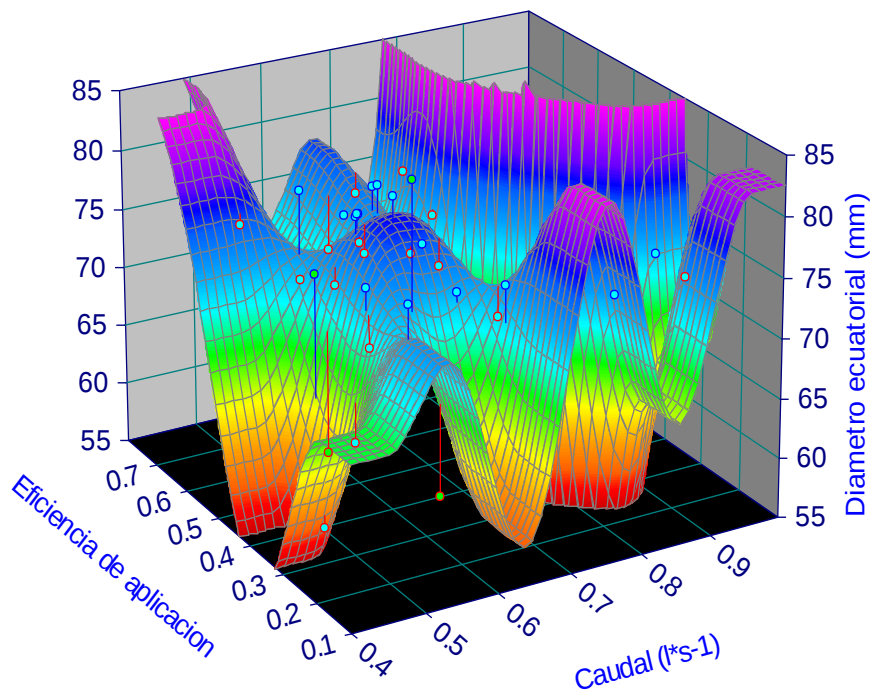
En la Tabla 55, se presentan los valores estimados de los parámetros del modelo junto con sus errores estándar, valores T, intervalos de confianza al 95%, y niveles de significancia ($P>|T|$), ninguno de los parámetros analizados es significativo estadísticamente, ya que todos los valores p son mayores a 0.05, el parámetro *a*, con un coeficiente estimado de 11.30, tiene un valor p de 0.51, lo que indica que no hay evidencia suficiente para considerar que este coeficiente tiene un efecto distinto de cero, del mismo modo, los coeficientes *b* y *c* presentan valores p de 0.71 y 0.74, respectivamente, reforzando la falta de significancia en sus contribuciones al modelo, esto indica que las variables analizadas no tienen un impacto estadísticamente sobre la producción de cítricos dentro del marco de este análisis.

Asimismo, el coeficiente de determinación (R^2) es 0.56, lo que indica que el modelo explica el 56% de la variabilidad observada en la producción, sin embargo, el R^2 ajustado es negativo (-0.14), lo que evidencia que el modelo podría estar sobre ajustado o incluir variables que no aportan valor explicativo significativo, este hecho se refuerza por el error estándar del ajuste, que se estima en 2.44, y un valor F de 0.90, lo que refleja una falta de ajuste global del modelo.

Figura 35.

Ecuación del efecto del caudal y eficiencia de aplicación en el diámetro ecuatorial (mm).

Rank 58 Eqn 534 Cosine Series Bivariate Order 5
 $r^2=0.47809312$ DF Adj $r^2=-0.36498723$ FitStdErr=6.0983956 Fstat=0.64123543



Fuente: Elaboración propia.

En la figura 35, presenta una superficie con alta interacción entre ambas variables combinado del caudal de riego y la eficiencia de aplicación sobre el diámetro ecuatorial del fruto. Aunque el modelo explica cerca del 48% de la variación observada, la ausencia de significancia estadística y el valor negativo del r^2 ajustado sugieren una posible sobre parametrización. Aun así, el análisis permite vislumbrar que ciertas combinaciones de caudal y eficiencia podrían favorecer

mayores diámetros del fruto, lo cual podría considerarse como una guía exploratoria en futuros estudios o ajustes de diseño en campo, lo que se refleja en los resultados presentados en la tabla 56.

Tabla 56.

Parámetros estimados del modelo

Parámetros	Valor	Std	Error	T - Value	95% Confidence	Limits $P> T $
a	108.71	41.95	2.59	18.73	198.69	0.02
b	-69.51	69.10	-1.01	-217.71	78.70	0.33
c	-60.21	61.10	-0.99	-191.26	70.84	0.34
d	57.33	63.70	0.90	-79.29	193.95	0.38
e	101.16	97.53	1.04	-108.02	310.34	0.32
f	12.50	12.08	1.03	-13.41	38.40	0.32
g	-41.23	36.46	-1.13	-119.43	36.98	0.28
h	-78.24	79.24	-0.99	-248.20	91.71	0.34
i	-18.21	21.43	-0.85	-64.17	27.75	0.41
j	11.54	14.86	0.78	-20.34	43.42	0.45
k	21.68	21.66	1.00	-24.76	68.13	0.33
l	41.09	38.27	1.07	-40.99	123.17	0.30
m	9.95	12.86	0.77	-17.63	37.52	0.45
n	-18.44	17.49	-1.05	-55.96	19.07	0.31
o	-0.93	4.37	-0.21	-10.30	8.45	0.84
p	-8.09	6.53	-1.24	-22.10	5.92	0.24
q	-18.53	18.15	-1.02	-57.46	20.41	0.32
r	4.42	7.02	0.63	-10.64	19.48	0.54
s	11.82	15.53	0.76	-21.48	45.12	0.46
t	1.78	9.44	0.19	-18.47	22.03	0.85
u	-0.09	2.87	-0.03	-6.26	6.08	0.98

R^2 Coef Det	Df Adj R2	Fit Std Err	F - Value
0.48	-0.36	6.10	0.64

Fuente: Elaboración propia.

En la Tabla 56, se observa los parámetros estimados del modelo junto con sus errores estándar, valores T, intervalos de confianza al 95%, y niveles de significancia ($P>|T|$), de todos los parámetros, solo *a* presenta significancia estadística con un valor p de 0.02, lo que indica una influencia positiva y significativa sobre el diámetro ecuatorial, el valor estimado de *a* es 108.71,

lo que implica un impacto considerable, sin embargo, los restantes parámetros (b , c , d , etc.) no presentan significancia estadística, dado que sus valores p son mayores a 0.05, lo que indica que sus contribuciones no son significativos

Por otro lado, el coeficiente de determinación (R^2) es 0.48, indicando que el modelo explica solo el 48% de la variabilidad observada en el diámetro ecuatorial, sin embargo, el R^2 ajustado es negativo (-0.36), lo que refleja posibles problemas en la especificación del modelo, como la inclusión de variables irrelevantes o un número insuficiente de datos.

Estimación de modelo final

El modelo presentado corresponde a una expansión en términos armónicos que utiliza funciones coseno con diferentes combinaciones de frecuencias en las variables x , y y este tipo de modelo se emplea comúnmente para capturar relaciones no lineales y complejas entre las variables independientes (x , y) y la variable dependiente (z) cada término incluye un coeficiente ($a, b, c, \dots, u$) que cuantifica la contribución de un componente específico de frecuencia al valor esperado de z

Estructura e interpretación del modelo

- **Términos básicos:** Los primeros términos ($a + b\cos(x') + c\cos(y')$) representan las contribuciones más simples y directas de las frecuencias fundamentales de x , y a la variable dependiente z estos términos capturan las relaciones lineales o ligeramente no lineales entre las variables
- **Términos de mayor complejidad:** Los términos como $d\cos(2x') + e\cos(y')$ y combinaciones más complejas como $h\cos(2x') \cos(y')$ reflejan interacciones de mayor orden entre las variables independientes, incluyendo armónicos de mayor frecuencia y combinaciones cruzadas, estos términos son útiles para modelar efectos más sutiles y detallados, como interacciones no lineales o patrones cíclicos complejos.
- **Interacciones cruzadas:** los términos como $t\cos(4x') \cos(4y')$ o $u\cos(5y')$ representan interacciones específicas entre x , y en distintas frecuencias estas interacciones permiten al modelo capturar cómo las variaciones conjuntas de las variables independientes afectan la variable dependiente.

Ecuación de modelo final

$$z = a + b\cos(x'') + c\cos(y'') + d\cos(2x'') + e\cos(x'')\cos(y'') + f\cos(2y'') + g\cos(3x'') + h\cos(2x'')\cos(y'') + i\cos(x'')\cos(2y'') \\ + j\cos(3y'') + k\cos(4x'') + l\cos(3x'')\cos(y'') + m\cos(2x'')\cos(2y'') + n\cos(x'')\cos(3y'') + o\cos(4y'') + p\cos(5x'') + q\cos(4x'')\cos(y'') \\ + r\cos(3x'')\cos(2y'') + s\cos(2x'')\cos(3y'') + t\cos(x'')\cos(4y'') + u\cos(5y'')$$

Relación con los resultados

En base en los resultados de las estimaciones previas, donde muchos coeficientes asociados a las variables y sus combinaciones no fueron estadísticamente significativos, es probable que este modelo sobredimensionado esté incluyendo términos irrelevantes o redundantes, aunque la complejidad del modelo podría ser adecuada para representar dinámicas altamente no lineales, los valores R^2 ajustados negativos y los altos valores de p indican que muchas de las interacciones y armónicos incluidos no contribuyen significativamente a la explicación de la variabilidad de z .

Los resultados sugieren que el modelo estadístico evaluado podría estar sobredimensionado, incluyendo variables o interacciones que no aportan información relevante para explicar la variabilidad de los parametros evaluados. Este comportamiento se evidencia en los coeficientes no significativos y en los bajos valores de R^2 ajustado, lo que indica que la mayor parte de la variabilidad en el tamaño del fruto no está siendo explicada por las variables hidráulicas del sistema de riego.

Desde el punto de vista agronómico, esto puede interpretarse como una baja sensibilidad del tamaño del fruto frente a pequeñas variaciones en los parámetros hidráulicos (como el coeficiente de uniformidad o la eficiencia de aplicación), lo cual sugiere que el cultivo de cítricos mantiene su desarrollo dentro de rangos estables de humedad del suelo. En otras palabras, mientras el riego asegure una disponibilidad hídrica suficiente, las diferencias en la uniformidad o eficiencia no afectan significativamente el crecimiento del fruto.

Finalmente, el modelo final, aunque matemáticamente detallado y diseñado para capturar relaciones no lineales y patrones complejos, presenta limitaciones importantes en su ajuste y relevancia estadística, esto sugiere que es necesario simplificar el modelo, eliminando términos no significativos, y considerar posibles transformaciones o la inclusión de variables adicionales que

puedan mejorar la capacidad explicativa del mismo, además, un análisis de validación cruzada podría ayudar a determinar si el modelo está sobre ajustado o si refleja patrones reales en los datos.

5.3. Resultados para el objetivo específico 03

Para cumplir con el objetivo específico 03 “Analizar los factores climáticos y agronómicos del sistema de riego por aspersión para la producción de cítricos en la Cuenca del Río Mándor en la Provincia de La Convención – Cusco, 2021”, lo cual se detalla a continuación.

Análisis de los factores climáticos y agronómicos del sistema de riego por aspersión

En la página 14 del volumen I: memoria descriptiva y anexos del expediente técnico del proyecto “Mejoramiento del sistema de riego en los sectores Mandor Bajo y Rosaspata Balsapampa, Distrito de Maranura - La Convención – Cusco”; en el numeral 2.2 Características físicas de los recursos naturales, 2.1 Climatología, señala lo siguiente:

Temperatura

De acuerdo a datos proporcionados por SENHAMI, la temperatura media considerada para el ámbito del proyecto es 23.20 °C, el mes más frío es julio con 22.40°C y el mes más caliente es diciembre con 23.50°C. La mínima media mensual de 17.80 °C y la máxima media anual de 36.40 °C.

Precipitación efectiva al 75% de persistencia

La precipitación efectiva anual al 75% de persistencia es de 944.40 mm. con una variación media mensual de solo 3.00 en julio a 232.701 mm en enero.

Humedad relativa

La humedad relativa, fluctúa entre 69.49% en agosto a 79.88% en el mes de febrero, alcanzando un promedio anual de 74.53%.

Horas Sol

La información disponible referente a las horas de sol indica un número promedio de 143.87 horas, un máximo de 186.56 horas para el mes de julio y 91.84 horas como mínimo que corresponden al mes de febrero.

5.3.1. Evaluación de la precipitación

Se realizó el análisis de la precipitación de la cuenca del Río Mándor con datos históricos cuya fuente es el Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (SENAHMI), donde se obtuvieron los siguientes datos:

Tabla 57.

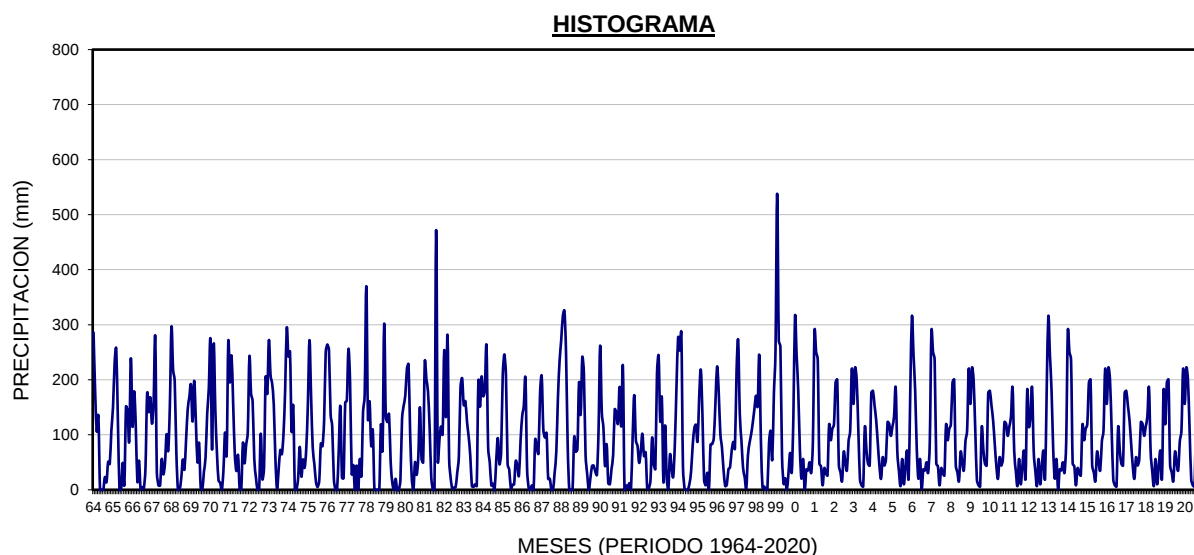
Registro historico de precipitación mensual

(mm)														
Estación:	Quillabamba		Latitud:		12°50'S		Departamento:		Cusco					
Tipo:	CP		Longitud		72°44'W		Provincia		La Convención					
			Altitud:		1,027.00m		Distrito		Santa Ana					
N° reg.	Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic	Total
1	1964	243.08	122.49	281.04	189.45	23.53	0.00	0.00	27.70	21.00	147.65	80.51	246.07	1,382.52
2	1965	119.00	177.00	195.00	102.00	4.00	2.00	46.40	18.40	119.90	115.10	74.40	183.00	1,156.20
3	1966	94.20	140.20	96.80	21.70	49.20	5.50	14.70	13.30	39.40	136.60	112.40	132.10	856.10
4	1967	97.60	124.00	211.60	34.00	17.20	16.60	51.30	31.20	45.80	83.90	62.50	118.90	894.60
5	1968	224.70	166.10	153.00	60.20	8.80	4.10	25.60	49.40	37.80	76.00	116.40	132.30	1,054.40
6	1969	149.00	100.40	153.70	103.50	47.20	97.80	14.00	9.20	35.70	53.50	110.30	143.50	1,017.80
7	1970	207.70	60.20	178.00	116.60	60.30	2.78	57.86	8.60	36.30	86.20	57.40	205.20	1,077.14
8	1971	151.50	187.20	123.30	58.00	40.95	56.70	2.50	12.00	72.10	45.70	70.40	86.80	907.15
9	1972	185.60	137.50	126.40	51.80	27.40	5.70	7.60	84.20	24.90	40.20	158.10	136.70	986.10
10	1973	206.90	162.00	149.80	123.00	52.10	12.60	37.20	62.80	57.90	84.40	140.60	193.70	1,283.00
11	1974	185.10	191.90	88.00	120.90	10.20	11.90	26.60	67.30	28.70	50.90	39.90	64.30	885.70
12	1975	122.70	207.00	131.90	66.40	45.00	20.80	14.80	22.80	71.80	68.30	102.10	191.00	1,064.60
13	1976	201.60	194.40	110.20	94.30	25.30	4.00	3.80	61.30	120.70	26.70	26.30	125.00	993.60
14	1977	127.90	151.60	151.50	32.20	43.30	2.00	42.60	3.20	51.20	29.80	113.20	135.90	884.40
15	1978	124.47	103.90	127.00	68.40	88.70	11.10	0.00	0.00	0.00	96.70	63.80	228.50	912.57
16	1979	106.20	99.60	109.70	47.30	20.80	0.00	25.40	2.80	6.90	23.70	103.20	121.50	667.10
17	1980	125.60	169.50	175.40	84.80	26.20	10.40	47.30	30.70	53.60	119.40	51.10	99.56	993.56
18	1981	178.60	155.70	139.20	91.80	62.53	21.08	9.27	6.59	22.29	50.34	60.68	201.39	999.47
19	1982	196.76	258.46	232.63	128.84	21.63	7.12	17.78	59.42	41.19	136.31	45.77	219.84	1,365.75
20	1983	195.83	170.12	124.44	50.30	9.59	7.15	13.17	12.03	35.91	74.16	79.33	115.52	887.55
21	1984	168.36	179.48	230.28	198.85	32.53	7.41	65.95	42.35	21.27	93.23	142.91	179.25	1,361.87
22	1985	173.68	101.03	184.44	58.15	26.26	0.95	81.60	24.57	20.68	31.23	110.95	141.03	954.57
23	1986	260.89	218.14	125.78	66.59	11.36	0.21	0.25	25.49	12.32	98.11	188.04	144.95	1,152.13
24	1987	159.24	180.30	160.40	181.70	35.70	41.60	8.70	0.00	56.50	117.00	605.40	375.40	1,921.94
25	1988	157.73	534.70	202.87	56.81	8.17	3.00	2.60	0.76	73.43	65.30	64.90	212.41	1,382.68
26	1989	183.44	457.11	351.50	110.80	50.70	34.45	53.57	73.91	54.43	71.10	48.60	167.50	1,657.11
27	1990	174.89	199.10	188.18	93.59	37.85	26.22	79.37	65.00	127.90	246.10	232.31	202.70	1,673.21
28	1991	312.80	193.00	375.70	227.68	57.18	44.81	57.17	125.34	23.99	64.99	70.15	98.65	1,651.46
29	1992	107.50	111.40	171.90	78.43	30.96	33.73	2.47	24.73	69.35	133.04	56.08	86.12	905.71

30	1993	272.12	242.30	203.11	79.51	23.69	0.87	46.26	4.14	72.45	62.39	60.73	90.52	1,158.09
31	1994	250.35	202.04	254.54	90.28	35.01	9.46	28.46	1.34	42.58	33.01	76.87	150.49	1,174.43
32	1995	243.06	314.36	240.99	110.85	28.74	4.09	7.46	32.09	60.81	32.88	80.73	199.77	1,355.83
33	1996	132.46	178.90	103.00	76.70	36.20	6.50	8.60	37.30	40.80	71.10	86.90	75.20	853.66
34	1997	214.50	271.90	138.20	89.60	39.80	23.10	3.00	62.00	84.80	101.30	121.70	146.60	1,296.50
35	1998	171.50	152.40	244.90	90.50	4.20	6.00	0.00	1.80	84.60	106.90	54.60	174.70	1,092.10
36	1999	253.70	538.00	272.00	259.80	60.40	10.60	21.10	0.00	30.70	67.00	32.40	132.90	1,678.60
37	2000	315.40	243.70	180.40	74.20	20.10	56.30	1.40	37.20	35.30	50.30	31.10	85.00	1,130.40
38	2001	288.40	250.20	236.40	48.10	43.10	8.20	39.10	30.10	25.80	118.00	89.50	110.60	1,287.50
39	2002	119.20	195.40	200.20	45.30	32.40	15.60	69.30	71.90	36.00	89.00	108.50	219.90	1,202.70
40	2003	163.10	185.30	199.10	109.00	18.60	8.30	5.90	113.50	71.60	47.30	49.40	176.40	1,147.50
41	2004	179.70	153.40	125.70	83.80	43.00	19.70	59.40	44.30	55.10	122.80	119.60	94.60	1,101.10
42	2005	115.20	133.20	186.30	95.90	34.00	7.40	56.10	10.50	42.30	70.80	21.50	181.40	954.60
43	2006	173.90	157.00	196.80	121.10	7.60	28.90	4.50	28.20	17.80	98.90	102.00	189.40	1,126.10
44	2007	179.70	94.70	187.20	151.20	31.70	16.30	12.80	7.27	12.60	169.70	55.60	107.00	1,025.77
45	2008	241.40	162.50	153.90	85.10	14.20	1.80	13.00	19.20	36.60	135.90	92.50	108.60	1,064.70
46	2009	174.77	207.30	138.30	68.00	23.30	5.50	26.80	4.50	14.90	111.60	209.90	182.20	1,167.07
47	2010	121.70	236.30	263.90	59.30	20.80	21.80	15.70	23.70	33.30	188.20	77.70	151.60	1,214.00
48	2011	201.00	260.90	275.50	108.40	41.50	21.40	50.90	79.60	29.40	155.20	146.00	205.30	1,575.10
49	2012	193.60	285.20	114.70	108.20	37.20	32.50	18.50	8.94	71.70	78.60	76.80	239.80	1,265.74
50	2013	126.20	175.60	201.04	133.80	11.60	36.60	53.72	63.50	47.20	163.20	78.10	197.40	1,287.96
51	2014	318.80	157.50	153.70	75.30	3.92	0.00	44.20	57.15	45.90	42.10	77.40	193.90	1,169.87
52	2015	236.70	218.40	126.50	80.00	51.20	15.60	6.00	25.70	15.00	42.60	102.00	112.20	1,031.90
53	2016	142.80	146.80	31.70	84.30	18.40	4.00	15.00	47.20	81.70	91.00	24.30	173.40	860.60
54	2017	161.90	187.60	212.70	92.10	82.80	20.90	2.20	42.30	38.60	56.40	140.20	111.00	1,148.70
55	2018	157.23	114.19	171.95	104.53	11.70	8.40	66.46	84.23	48.89	146.14	95.92	168.14	1,177.78
56	2019	150.52	283.69	224.72	109.53	11.76	1.15	39.33	3.86	20.90	70.40	55.95	96.54	1,068.35
57	2020	130.58	100.99	138.09	154.78	25.16	16.01	39.46	6.30	29.20	94.78	33.06	103.33	871.74
N° Datos		57	57	57	57	57	57	57	57	57	57	57	57	57
Media		181.97	194.79	179.39	96.62	31.35	15.77	27.44	33.56	45.78	89.18	96.29	155.56	1,147.69
Desv. Estándar		56.60	92.71	63.23	46.54	18.88	17.75	23.50	30.01	27.56	45.30	81.60	55.28	248.63
Coef. Variación		31.11	47.59	35.25	48.17	60.24	112.55	85.63	89.41	60.19	50.80	84.74	35.54	21.66
Prec. Max.		318.80	538.00	375.70	259.80	88.70	97.80	81.60	125.34	127.90	246.10	605.40	375.40	1,921.94
Prec. Min.		94.20	60.20	31.70	21.70	3.92	0.00	0.00	0.00	0.00	23.70	21.50	64.30	667.10
Prec. 50%		174.77	178.90	175.40	90.28	28.74	9.46	18.50	25.70	39.40	83.90	78.10	146.60	1,126.10
Prec. 75%		131.52	143.50	129.45	66.50	17.80	4.05	6.73	7.94	25.35	52.20	56.02	110.80	970.35
Prec. 90%		118.24	101.02	110.10	47.94	8.67	0.93	2.04	1.71	14.98	32.98	32.93	89.78	881.87

Fuente: SENA HMI

Figura 36.

Registro de precipitaciones pluviales

Fuente: SENAHI

De la tabla 57 y figura 36, se determina una precipitación media de 1147.69 mm.

El análisis de la precipitación pluvial en la zona de estudio, basado en los registros de SENAMHI, muestra un promedio anual de 1147,69 mm, valor que se encuentra dentro del rango de requerimientos hídricos de los cítricos (900 – 1200 mm/año). Esto indica que en términos de volumen, la precipitación es adecuada para el desarrollo del cultivo. Sin embargo, la distribución temporal de las lluvias constituye una limitante, dado que la mayor parte de las precipitaciones se concentran en los meses de diciembre a marzo, lo que ocasiona periodos de déficit hídrico durante los meses de mayo a noviembre, etapas críticas que el cultivo requiere de agua para la floración y el llenado de frutos.

Frente a esta situación, el riego por aspersión se convierte en una práctica indispensable para complementar el agua proveniente de las lluvias, asegurar la uniformidad de la aplicación y mantener la producción de cítricos en niveles óptimos de rendimiento y calidad.

5.3.2. Evaluación de la humedad

Se realizó el análisis de la humedad relativa de la cuenca del Río Mándor con datos históricos cuya fuente es la de SENAHI, donde se obtuvieron los siguientes datos:

Tabla 58.

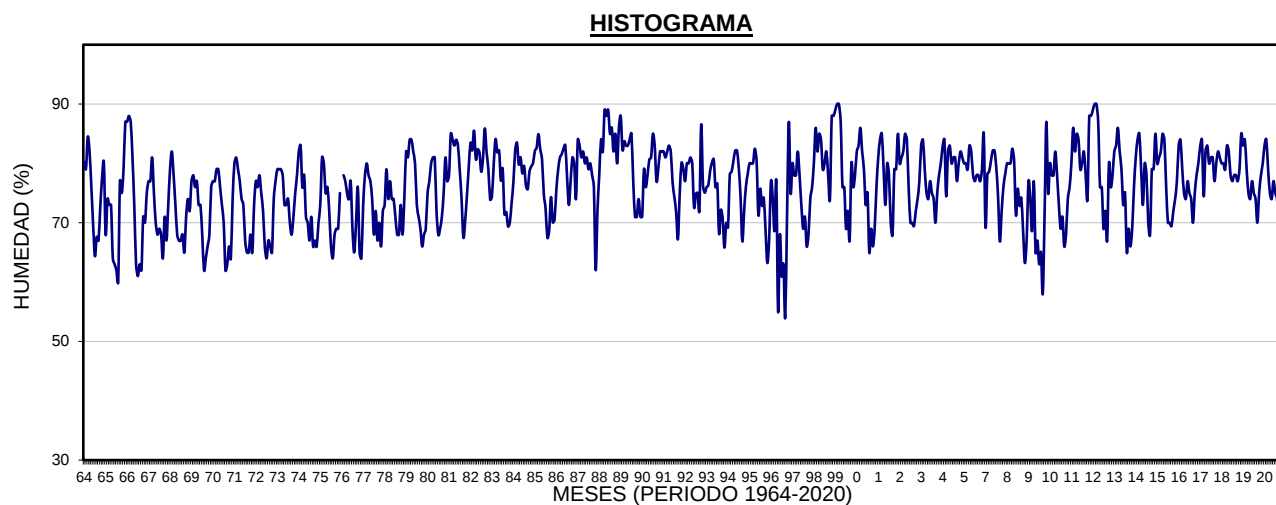
Registro histórico de humedad relativa mensual

(%)														
Estación		:	Quillabamba	Latitud		:	12°50'	S	Departamento		:	Cusco		
Tipo		:	CP	Longitud		:	72°44'	W	Provincia		:	La Convención		
				Altitud		:	1,027.00	msnm	Distrito		:	Santa Ana		
N° REG.	AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	TOTAL
1	1964	80.26	79.11	84.49	81.97	76.09	69.63	64.36	67.64	66.99	72.65	77.55	80.15	900.89
2	1965	68.00	74.00	73.00	73.00	64.00	63.00	62.00	60.00	77.00	75.00	79.00	87.00	855.00
3	1966	87.00	88.00	87.00	81.00	73.00	63.00	61.00	63.00	62.00	71.00	70.00	75.00	881.00
4	1967	77.00	77.00	81.00	75.00	70.00	68.00	69.00	68.00	64.00	71.00	67.00	73.00	860.00
5	1968	79.00	82.00	78.00	73.00	68.00	67.00	67.00	68.00	65.00	71.00	74.00	72.00	864.00
6	1969	77.00	78.00	76.00	77.00	73.00	73.00	68.00	62.00	64.00	66.00	68.00	76.00	858.00
7	1970	77.00	77.00	79.00	79.00	76.00	73.00	70.00	62.00	63.00	66.00	64.00	74.00	860.00
8	1971	80.00	81.00	79.00	77.00	74.00	73.00	67.00	65.00	65.00	68.00	65.00	73.00	867.00
9	1972	77.00	76.00	78.00	75.00	72.00	66.00	64.00	67.00	66.00	65.00	74.00	77.00	857.00
10	1973	79.00	79.00	79.00	78.00	73.00	73.00	74.00	70.00	68.00	71.00	75.00	78.00	897.00
11	1974	82.00	83.00	76.00	78.00	71.00	70.00	67.00	71.00	66.00	67.00	66.00	70.00	867.00
12	1975	73.00	81.00	80.00	75.00	76.00	72.00	66.00	64.00	68.00	69.00	69.00	75.00	868.00
13	1976	78.00	77.00	75.00	74.00	77.00	69.00	65.00	70.00	76.00	65.00	64.00	73.00	863.00
14	1977	78.00	80.00	78.00	77.00	74.00	68.00	72.00	67.00	70.00	66.00	72.00	73.00	875.00
15	1978	79.00	74.00	77.00	74.00	74.00	71.00	68.00	68.00	73.00	68.00	74.00	82.00	882.00
16	1979	81.00	84.00	84.00	82.00	80.00	73.00	71.00	69.00	66.00	68.00	69.00	75.00	902.00
17	1980	77.00	80.00	81.00	81.00	72.00	68.00	69.00	71.00	75.00	81.00	77.00	78.00	910.00
18	1981	85.00	84.00	83.00	84.00	83.00	78.83	74.10	67.53	70.22	74.51	79.18	83.44	946.81
19	1982	82.20	85.52	80.68	82.38	81.87	78.59	80.88	85.89	81.89	79.00	73.90	74.47	967.27
20	1983	79.85	84.09	81.84	82.20	77.12	79.08	71.39	71.82	69.37	70.04	73.35	76.83	916.98
21	1984	82.23	83.50	79.83	81.02	78.32	79.55	76.26	75.65	78.64	79.49	80.08	82.10	956.67
22	1985	82.67	84.93	82.39	80.68	74.85	72.34	67.46	68.66	74.32	70.07	70.51	75.50	904.38
23	1986	78.89	80.96	81.55	82.47	83.08	77.75	73.00	77.00	81.00	80.00	74.00	84.00	953.70
24	1987	83.00	81.00	82.00	80.00	81.00	79.00	80.00	78.00	76.00	62.00	72.00	78.00	932.00
25	1988	84.00	82.00	89.00	88.00	89.00	85.00	86.00	82.00	85.00	80.00	86.00	88.00	1,024.00
26	1989	82.30	83.73	83.00	83.00	84.00	85.00	77.00	71.00	71.00	74.00	71.00	71.00	936.03
27	1990	79.00	76.00	78.00	80.65	81.00	85.00	83.00	77.00	79.00	82.00	82.00	82.00	964.65
28	1991	81.00	82.00	83.00	82.00	76.85	74.36	71.74	67.22	74.83	80.05	79.11	77.00	929.16
29	1992	80.00	80.00	81.00	80.00	72.62	74.83	75.00	72.08	86.59	76.22	75.06	75.99	929.39
30	1993	76.32	78.72	80.09	80.71	75.96	76.59	68.15	72.17	70.75	65.80	70.00	69.22	884.48
31	1994	78.13	78.58	80.36	82.12	82.16	79.30	74.41	66.85	71.90	76.05	78.16	79.99	928.01
32	1995	79.97	80.04	82.48	80.37	71.25	75.74	72.83	74.15	68.59	63.22	67.17	76.89	892.70
33	1996	80.00	78.00	78.00	82.00	78.00	73.00	69.00	71.00	66.00	68.00	74.00	76.00	893.00
34	1997	80.00	86.00	82.00	85.00	84.00	79.00	80.00	82.00	78.00	74.00	88.00	88.00	986.00
35	1998	89.00	90.00	90.00	87.00	76.00	76.00	69.00	72.00	67.00	80.00	76.00	78.00	950.00

36	1999	82.00	83.00	86.00	82.00	79.00	73.00	75.00	65.00	69.00	66.00	69.00	76.00	905.00
37	2000	81.00	84.00	85.00	79.00	73.00	80.00	78.00	70.00	68.00	79.00	79.00	85.00	941.00
38	2001	83.00	80.00	81.00	82.00	85.00	84.00	76.00	70.00	70.00	69.46	72.00	74.00	926.46
39	2002	77.00	83.00	84.00	79.00	75.00	74.00	77.00	75.00	74.00	70.00	75.00	78.00	921.00
40	2003	80.00	79.00	82.00	82.00	82.00	74.00	75.00	75.00	71.00	70.00	77.02	84.22	931.24
41	2004	76.00	76.00	75.00	74.00	77.00	78.00	84.00	80.00	79.00	78.00	81.00	80.00	938.00
42	2005	79.00	85.00	82.00	84.00	81.00	78.00	78.00	75.00	84.00	81.00	76.00	81.00	964.00
43	2006	83.00	84.00	85.00	84.00	85.00	85.00	81.00	82.00	82.00	83.00	84.00	86.00	1,004.00
44	2007	84.00	85.00	85.00	83.00	85.00	82.00	79.00	89.90	80.00	80.22	73.13	84.00	990.25
45	2008	85.00	84.00	81.00	78.00	76.00	80.00	79.00	81.00	79.00	80.00	83.00	83.00	969.00
46	2009	82.82	84.00	74.44	82.00	83.00	80.00	81.00	81.00	77.00	80.00	82.00	81.00	968.26
47	2010	80.00	80.00	79.00	83.00	82.00	78.00	77.00	78.00	78.00	77.00	79.00	85.00	956.00
48	2011	84.00	85.00	83.00	82.00	85.00	82.00	82.00	79.00	80.00	80.00	80.00	82.00	984.00
49	2012	84.00	84.92	71.00	72.00	69.00	69.85	77.00	59.00	64.14	59.00	64.00	83.00	856.91
50	2013	82.00	83.00	84.00	83.00	85.00	85.00	84.00	82.00	79.00	81.00	80.00	83.00	991.00
51	2014	82.00	82.00	83.00	83.00	83.00	80.00	84.00	80.00	84.00	84.00	83.00	88.00	996.00
52	2015	82.80	80.37	87.32	81.19	83.63	81.12	82.24	71.97	70.52	74.49	76.01	80.83	952.49
53	2016	80.72	79.33	75.36	81.57	75.04	69.53	69.65	66.20	71.12	77.30	77.63	81.08	904.53
54	2017	77.82	80.31	79.68	81.39	71.92	73.04	67.68	73.15	76.87	74.86	74.88	71.78	903.38
55	2018	73.72	76.67	83.68	82.47	83.06	81.08	87.55	75.52	75.44	81.52	82.73	86.23	969.67
56	2019	81.43	86.37	81.50	82.47	82.47	78.26	69.47	69.19	65.46	65.53	67.00	70.46	899.61
57	2020	78.61	79.61	80.83	81.73	80.98	80.73	90.36	81.40	77.05	76.57	71.31	76.97	956.15
N° Datos		57	57	57	57	57	57	57	57	57	57	57	57	57
Media		80.22	81.29	80.92	80.31	77.81	75.71	74.17	72.35	72.98	73.39	74.75	78.74	922.63
Desv. Estándar		3.45	3.45	3.81	3.52	5.34	5.69	6.84	6.73	6.41	6.32	5.84	5.05	44.87
Coef. Variación		4.31	4.25	4.71	4.39	6.86	7.52	9.23	9.31	8.79	8.61	7.82	6.41	4.86
h. Max.		89.00	90.00	90.00	88.00	89.00	85.00	90.36	89.90	86.59	84.00	88.00	88.00	1,024.00
h. Min.		68.00	74.00	71.00	72.00	64.00	63.00	61.00	59.00	62.00	59.00	64.00	69.22	855.00

Fuente: SENAHI

Figura 37.

Registro histórico de humedad relativa

Fuente: SENAEMI

De la tabla 58 y figura 37, se calcula una humedad relativa media de 76.89%.

5.3.3. Evaluación del viento

Se realizó el análisis del viento de la cuenca del Río Mándor con datos históricos cuya fuente es la de SENAEMI, donde se obtuvieron los siguientes datos:

Tabla 59.

Registro histórico de velocidad media del viento mensual

(m/s)														
Estación	: Quillabamba		Latitud	:	12°50'	S	Departamento		Cusco					
Tipo	:	CP	Longitud	:	72°44'	W	Provincia:		La Convención					
			Altitud	:	1,027.00	msnm	Distrito:		Santa Ana					
N° REG.	AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	TOTAL
1	1964	2.81	2.18	2.67	2.37	2.56	3.52	3.25	2.97	2.99	3.08	2.56	0.65	31.61
2	1965	3.12	4.04	3.71	3.21	2.37	3.29	4.48	4.43	4.30	4.35	4.47	4.16	45.93
3	1966	3.01	4.04	2.79	3.12	2.51	3.05	4.53	4.98	1.47	3.00	4.25	4.15	40.90
4	1967	4.17	4.23	4.12	2.79	2.50	3.10	3.36	2.65	2.56	4.01	1.70	3.19	38.38
5	1968	2.80	2.50	2.30	3.10	3.10	4.20	3.80	3.30	3.90	3.30	3.30	4.00	39.60
6	1969	3.60	3.20	3.70	2.90	3.50	3.40	3.60	3.50	3.50	4.30	4.80	3.70	43.70
7	1970	4.50	4.50	3.60	2.90	3.60	3.80	3.80	4.80	3.90	4.00	4.40	3.40	47.20
8	1971	3.30	3.20	3.20	3.20	3.70	3.70	4.40	4.10	3.80	4.00	3.70	3.20	43.50

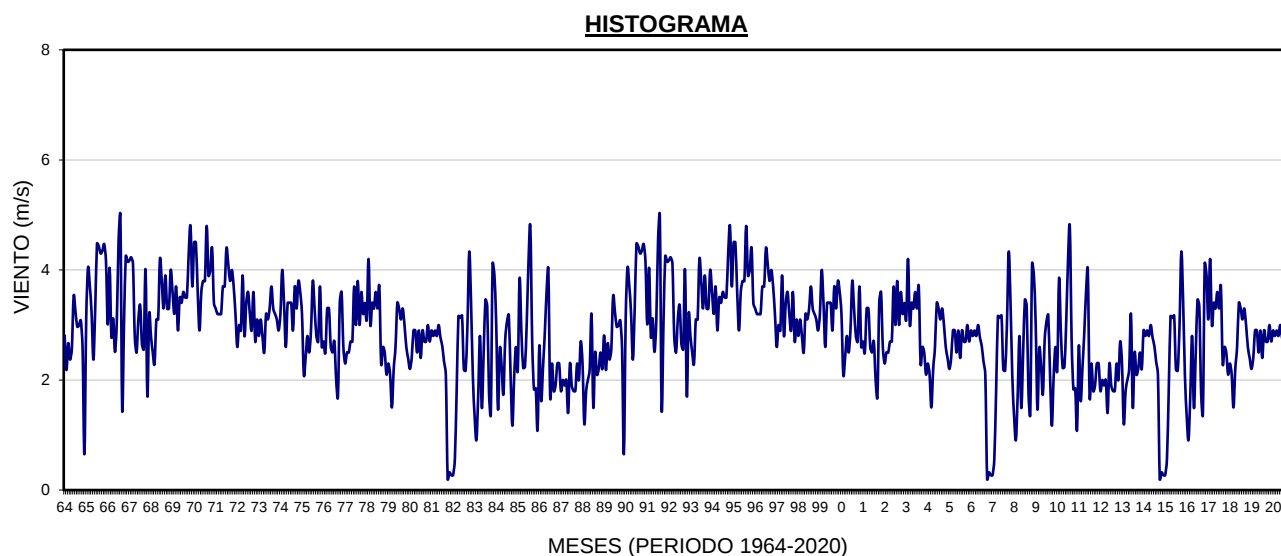
9	1972	2.60	3.00	2.90	3.90	2.80	3.40	3.60	3.20	2.90	3.60	2.70	3.10	37.70
10	1973	2.80	3.10	2.80	2.50	3.20	3.10	3.30	3.70	3.30	3.20	3.10	2.90	37.00
11	1974	3.20	4.00	3.40	2.60	3.40	3.40	3.40	2.90	3.70	3.30	3.80	3.60	40.70
12	1975	3.20	2.10	2.40	2.80	2.50	2.90	3.80	3.30	2.80	2.70	3.70	2.60	34.80
13	1976	2.70	2.50	3.30	3.30	2.60	2.50	2.70	2.00	1.70	3.40	3.60	2.60	32.90
14	1977	2.30	2.50	2.50	2.70	2.70	3.70	3.00	3.80	3.00	3.60	3.20	3.40	36.40
15	1978	3.10	4.20	3.00	3.40	3.30	3.60	3.30	3.70	2.30	2.60	2.50	2.10	37.10
16	1979	2.30	2.10	1.50	2.20	2.60	3.40	3.30	3.10	3.30	3.00	2.60	2.40	31.80
17	1980	2.20	2.40	2.90	2.90	2.50	2.90	2.40	2.90	2.70	2.70	3.00	2.70	32.20
18	1981	2.90	2.80	2.90	2.80	3.00	2.77	2.62	2.33	2.09	0.20	0.32	0.27	25.00
19	1982	0.27	0.56	1.80	3.16	3.13	3.17	2.19	2.17	2.99	4.33	3.42	2.08	29.27
20	1983	1.34	0.91	1.73	2.80	1.49	2.47	3.46	3.34	1.77	1.39	4.11	3.91	28.72
21	1984	3.02	1.46	2.57	2.25	1.74	2.73	3.06	3.18	2.08	1.17	2.07	2.60	27.93
22	1985	2.18	3.85	2.88	2.22	2.24	3.07	4.19	4.77	2.71	1.83	1.85	1.09	32.88
23	1986	2.63	1.62	2.21	2.84	3.59	4.00	1.70	2.30	1.80	1.90	2.30	2.30	29.19
24	1987	1.80	2.00	1.90	2.00	1.40	2.30	1.90	1.80	1.80	2.30	2.00	2.70	23.90
25	1988	2.30	1.20	1.80	2.00	2.20	3.20	1.50	2.50	2.10	2.20	2.50	2.20	25.70
26	1989	0.00	0.00	1.90	2.00	2.20	2.70	3.40	2.40	2.20	2.40	2.40	2.50	24.10
27	1990	2.00	2.50	2.60	0.00	2.80	2.50	3.20	2.70	3.10	2.30	2.30	2.10	28.10
28	1991	1.80	2.00	2.20	2.50	2.21	1.65	3.67	3.38	3.21	4.35	4.31	2.80	34.08
29	1992	2.80	2.00	2.10	2.60	3.47	4.04	2.55	2.05	2.57	2.96	3.13	0.89	31.16
30	1993	2.45	3.80	2.93	1.79	2.39	2.52	3.40	3.18	3.72	4.30	4.21	4.02	38.71
31	1994	3.06	2.80	3.06	2.96	3.07	3.17	2.97	2.87	2.24	2.70	1.47	0.14	30.51
32	1995	0.09	2.28	2.26	2.97	3.25	3.10	2.87	2.17	2.99	3.96	4.42	4.16	34.52
33	1996	4.28	3.07	2.24	2.45	3.08	3.03	3.62	1.10	1.80	1.70	1.80	1.00	29.17
34	1997	0.90	1.20	1.20	1.00	1.10	1.40	1.60	1.40	1.50	1.90	1.80	1.70	16.70
35	1998	2.00	1.70	1.70	2.40	2.20	2.40	2.70	2.70	2.80	1.90	2.40	2.20	27.10
36	1999	1.80	2.40	2.40	2.20	2.50	3.50	2.70	3.90	3.50	3.10	3.10	2.00	33.10
37	2000	2.50	2.80	1.90	2.60	3.10	2.30	2.70	2.70	3.00	3.00	3.00	2.60	32.20
38	2001	2.50	2.20	2.00	2.50	2.40	2.80	2.90	2.40	3.00	0.00	2.40	3.50	28.60
39	2002	3.10	3.00	2.90	3.00	3.10	2.80	3.00	3.00	2.60	2.40	2.60	2.50	34.00
40	2003	2.70	2.90	2.60	3.40	3.00	2.60	3.40	3.20	2.50	2.90	0.00	0.00	29.20
41	2004	0.00	3.00	3.50	3.10	3.40	2.50	2.60	3.60	2.50	2.40	2.90	3.30	32.80
42	2005	0.10	3.50	3.60	3.40	3.10	3.90	3.10	4.40	4.10	4.10	3.70	4.10	41.10
43	2006	4.30	3.90	3.50	3.80	3.50	2.90	3.30	3.70	3.80	3.20	3.90	3.20	43.00
44	2007	2.70	3.50	2.70	3.50	3.80	3.30	3.00	3.21	3.00	2.80	2.90	3.10	37.51
45	2008	2.20	2.70	2.20	1.33	2.60	3.47	3.36	3.44	3.15	2.68	0.56	0.07	27.76
46	2009	0.15	0.25	2.38	2.21	3.62	2.72	3.30	2.20	2.92	3.73	3.35	1.79	28.62
47	2010	0.19	0.99	3.26	3.21	3.72	2.46	3.57	3.20	2.87	4.05	3.32	3.31	34.15
48	2011	1.77	3.43	2.79	2.78	3.53	2.51	3.39	3.93	2.20	1.20	0.23	2.22	29.98
49	2012	0.75	1.00	3.65	3.21	3.53	3.23	3.49	3.14	3.67	2.70	4.47	4.16	37.00
50	2013	4.28	3.86	2.11	2.92	1.73	2.12	3.09	3.24	3.86	1.59	4.19	3.29	36.28
51	2014	3.65	3.93	3.21	3.16	3.19	4.04	2.77	3.59	2.75	3.83	3.12	1.56	38.80
52	2015	4.22	3.82	2.16	2.33	2.49	2.75	2.32	1.23	1.94	4.24	4.36	3.94	35.80
53	2016	3.92	3.76	2.22	3.19	3.42	3.84	3.33	3.22	3.50	0.57	0.17	1.49	32.63
54	2017	0.14	0.25	2.07	3.21	3.68	3.13	3.42	2.91	1.55	0.34	0.65	1.72	23.07

55	2018	2.35	2.39	2.49	3.21	3.71	3.80	2.19	2.57	3.27	1.10	0.33	0.80	28.21
56	2019	1.02	3.26	2.31	3.15	3.37	3.80	3.96	4.01	4.17	4.18	3.66	4.07	40.96
57	2020	4.09	2.90	1.57	3.00	3.47	3.87	2.18	2.42	2.73	3.75	3.72	2.50	36.20
Nº Datos		57	57	57	57	57	57	57	57	57	57	57	57	57
Media		2.39	2.62	2.60	2.72	2.88	3.08	3.12	3.07	2.85	2.80	2.82	2.56	33.49
Media(km/día)		206	226	225	235	249	266	269	265	246	242	244	221	
Desv. Estándar		1.25	1.12	0.65	0.66	0.65	0.60	0.67	0.84	0.74	1.14	1.25	1.16	6.16
Coef. Variación		52.3 9	42.59	25.10	24.39	22.53	19.63	21.4 6	27.39	26.03	40.83	44.31	45.19	18.40
VV. Max.		4.50	4.50	4.12	3.90	3.80	4.20	4.53	4.98	4.30	4.35	4.80	4.16	47.20
VV. Min.		0.00	0.00	1.20	0.00	1.10	1.40	1.50	1.10	1.47	0.00	0.00	0.00	16.70

Fuente: SENAHMI

Figura 38.

Registro histórico de viento



Fuente: SENAHMI

De la tabla 59 y figura 38, se calculó una velocidad media del viento de 2.79 m/s.

5.3.4. Evaluación de la temperatura

Se realizó el análisis de la temperatura de la cuenca del Río Mándor con datos históricos con fuente del SENAHMI, donde se obtuvieron los siguientes datos:

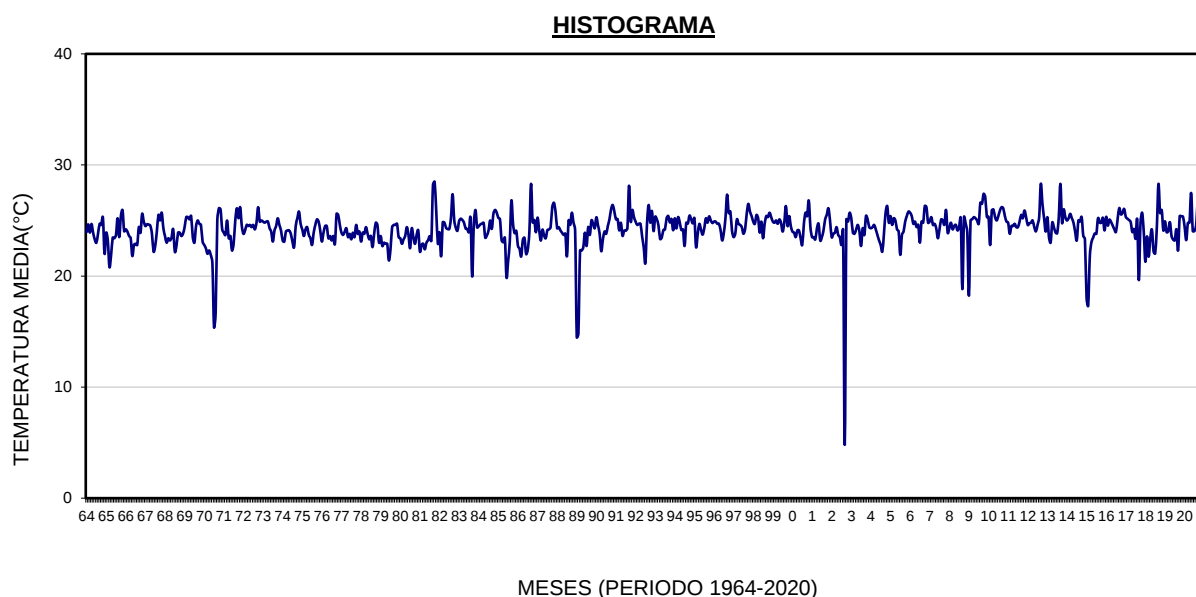
Tabla 60.

Registro histórico de temperatura

	Estación	:	Quillabamba		Latitud	:	12°50'	S			Departamento	:	Cusco	
	Tipo	:	CP		Longitud	:	72°44'	W			Provincia	:	La Convención	
					Altitud	:	1,027.00	msnm			Distrito	:	Santa Ana	
N° REGISTRO	AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	TOTAL
1	1964	23.96	24.65	23.91	24.69	23.90	23.30	23.00	23.80	24.70	24.60	25.27	22.00	287.78
2	1965	23.90	23.20	20.80	21.88	23.45	23.40	23.70	25.20	23.50	25.40	25.93	24.04	284.40
3	1966	24.20	24.00	23.60	23.40	21.80	22.80	22.90	22.80	24.40	23.90	25.60	24.90	284.30
4	1967	24.50	24.66	24.63	24.53	23.83	22.20	22.70	24.00	25.50	25.00	25.70	24.30	291.55
5	1968	23.60	23.00	23.40	23.20	23.45	24.22	22.20	22.70	23.90	23.90	23.60	23.80	280.97
6	1969	24.40	25.30	25.30	25.10	25.40	23.50	23.00	24.50	25.00	24.70	24.60	23.10	293.90
7	1970	22.80	22.50	22.00	22.30	21.90	21.20	15.40	16.70	25.00	26.10	26.00	24.20	266.10
8	1971	23.90	23.70	25.00	23.40	23.60	22.30	22.90	25.00	26.10	25.20	26.20	24.50	291.80
9	1972	23.80	24.10	24.60	24.50	24.60	24.40	24.60	24.20	24.80	26.20	24.90	25.00	295.70
10	1973	24.90	24.80	24.90	24.90	24.30	24.00	23.10	24.10	24.50	25.20	24.60	24.10	293.40
11	1974	23.20	23.10	24.00	24.10	24.10	23.80	23.10	22.60	24.50	25.20	25.80	24.70	288.20
12	1975	24.20	23.60	24.20	24.40	23.70	23.40	22.80	23.90	24.60	25.10	24.90	24.10	288.90
13	1976	23.10	23.90	24.50	24.50	23.40	23.60	23.20	23.60	22.90	25.60	25.50	24.60	288.40
14	1977	23.90	23.70	24.00	24.30	23.50	23.80	23.30	23.90	23.50	24.60	23.80	24.00	286.30
15	1978	23.10	23.90	23.80	24.40	23.80	23.30	23.60	22.60	23.80	24.80	24.60	23.00	284.70
16	1979	23.60	22.70	23.00	22.90	22.90	21.40	22.40	24.40	24.60	24.60	24.70	23.50	280.70
17	1980	23.40	22.90	23.30	23.60	24.40	23.70	22.50	24.30	23.50	22.90	23.70	24.10	282.30
18	1981	22.20	22.80	22.90	22.40	23.00	23.22	23.59	23.18	28.19	28.49	25.85	23.93	289.75
19	1982	22.92	21.77	24.84	24.81	24.34	24.23	24.24	25.21	27.37	25.03	24.33	24.08	293.17
20	1983	24.95	25.16	25.04	24.80	24.27	24.23	23.96	25.21	19.95	24.74	25.95	24.38	292.64
21	1984	24.48	24.65	24.72	24.78	23.46	23.66	24.10	25.00	24.24	25.62	25.95	25.71	296.37
22	1985	25.24	25.11	23.22	23.04	23.44	19.87	21.38	23.06	26.80	24.68	23.85	24.06	283.75
23	1986	22.72	22.44	21.76	23.26	23.44	21.98	22.36	23.97	28.30	24.83	25.05	23.94	284.05
24	1987	25.26	24.14	23.19	24.18	23.65	23.40	24.12	24.20	24.40	26.20	26.60	25.80	295.14
25	1988	24.30	24.40	24.10	23.90	23.70	23.81	21.77	25.00	24.60	25.70	24.80	24.10	290.18
26	1989	14.50	14.80	22.30	22.30	22.60	23.90	22.70	24.40	23.70	25.00	24.70	24.30	265.20
27	1990	25.29	24.56	23.80	22.23	23.30	24.00	23.80	24.50	25.10	26.00	26.40	25.80	294.78
28	1991	25.10	25.12	24.10	24.79	23.62	24.08	24.08	24.32	28.13	24.91	25.95	25.30	299.50
29	1992	24.90	24.60	24.70	24.70	23.56	22.56	21.16	24.75	26.40	24.80	25.86	24.04	292.03
30	1993	25.33	25.10	24.56	23.34	23.45	24.14	24.20	25.21	25.41	24.82	25.13	24.12	294.81
31	1994	25.20	24.28	25.30	24.85	24.14	24.19	22.70	24.79	24.72	25.44	25.11	24.74	295.46
32	1995	25.20	22.60	23.73	24.69	24.19	23.72	24.27	25.19	24.80	25.37	25.02	24.77	293.55
33	1996	24.90	24.90	24.70	24.70	24.14	23.20	23.88	25.21	27.33	25.67	25.81	24.08	298.52
34	1997	23.50	23.80	25.10	24.70	24.60	24.40	23.80	24.20	25.60	26.50	25.80	25.40	297.40
35	1998	24.90	24.70	25.50	25.20	23.90	24.90	23.40	24.70	25.40	25.30	25.70	25.30	298.90
36	1999	24.90	24.80	25.00	24.70	25.10	24.80	24.00	24.80	26.30	24.50	25.40	24.50	298.80
37	2000	24.00	23.90	23.50	24.10	24.10	23.40	22.80	24.70	25.70	25.40	26.80	24.40	292.80

38	2001	23.50	23.50	23.30	24.30	24.70	23.20	23.50	24.10	25.10	25.50	26.10	25.00	291.80
39	2002	23.50	23.80	23.90	24.40	23.70	23.50	22.80	24.10	4.80	25.10	24.90	25.70	270.20
40	2003	25.20	23.90	23.80	24.20	24.60	24.00	22.70	24.30	23.70	25.40	25.10	24.40	291.30
41	2004	24.30	24.40	24.60	24.20	23.70	23.20	22.80	22.20	23.80	25.70	26.30	24.80	290.00
42	2005	25.40	24.60	25.20	25.00	24.20	24.00	21.90	23.70	24.00	24.90	25.40	25.80	294.10
43	2006	25.70	25.40	24.70	24.90	24.40	24.60	23.00	24.90	24.80	26.30	26.20	24.80	299.70
44	2007	24.90	25.30	24.60	24.70	24.30	23.40	24.20	25.09	25.00	24.63	25.95	23.90	295.97
45	2008	24.30	24.80	24.20	24.50	24.60	24.10	24.40	25.21	18.82	25.30	24.73	23.93	288.89
46	2009	18.23	25.00	25.10	25.30	25.20	25.00	24.70	26.60	26.50	27.40	27.10	25.30	301.43
47	2010	25.33	22.79	25.90	26.00	25.30	25.00	25.40	25.90	26.20	26.10	25.40	24.90	304.22
48	2011	24.80	23.80	24.50	24.50	24.70	24.40	24.40	24.90	25.50	25.20	25.90	25.30	297.90
49	2012	24.60	24.75	24.80	25.00	24.40	24.02	24.60	25.30	28.30	26.50	25.20	24.00	301.47
50	2013	25.30	23.49	23.01	24.80	24.40	23.92	23.85	25.30	28.30	24.80	26.00	25.30	298.47
51	2014	25.00	25.20	25.60	25.20	24.80	24.00	23.20	25.00	24.90	25.30	23.60	23.30	295.10
52	2015	18.04	17.33	21.82	23.06	23.44	23.83	23.81	25.20	24.82	24.81	25.24	24.10	275.50
53	2016	25.33	24.54	25.07	24.86	24.54	24.21	23.97	25.12	26.12	25.55	25.69	26.04	301.04
54	2017	25.33	25.16	25.04	24.86	23.96	24.23	23.36	25.07	19.63	24.78	25.71	23.98	291.11
55	2018	21.28	23.57	21.74	23.38	24.18	22.23	22.04	24.38	28.30	25.68	25.95	24.10	286.83
56	2019	24.93	23.95	24.05	24.85	23.61	23.28	23.22	24.20	22.29	25.39	25.38	25.34	290.49
57	2020	24.45	23.23	24.78	24.82	27.48	24.05	24.04	24.52	26.41	25.25	23.07	23.97	296.07
N° Datos		57	57	57	57	57	57	57	57	57	57	57	57	57
Media		23.92	23.79	24.08	24.22	24.00	23.58	23.20	24.30	24.64	25.29	25.34	24.47	290.84
Desv. Estándar		1.94	1.74	1.09	0.89	0.85	0.95	1.36	1.33	3.31	0.83	0.84	0.78	8.17
Coef. Variación		8.12	7.31	4.51	3.69	3.56	4.01	5.87	5.49	13.44	3.28	3.32	3.20	2.81
TD. Max.		25.70	25.40	25.90	26.00	27.48	25.00	25.40	26.60	28.30	28.49	27.10	26.04	304.22
TD. Min.		14.50	14.80	20.80	21.88	21.80	19.87	15.40	16.70	4.80	22.90	23.07	22.00	265.20

Figura 39.

Registro histórico de temperatura

De la tabla 60 y figura 39, se determina una temperatura media de 24.24 °C.

El análisis de la temperatura en la zona de estudio, basado en registros de SENAMHI, muestra una temperatura media anual de 24.24 °C. Este valor se encuentra dentro del rango óptimo para el desarrollo de los cítricos (20–30 °C), lo que favorece el crecimiento vegetativo, la floración, el cuajado de frutos y la maduración. Por lo tanto, la temperatura de la zona puede considerarse adecuada para la producción de cítricos.

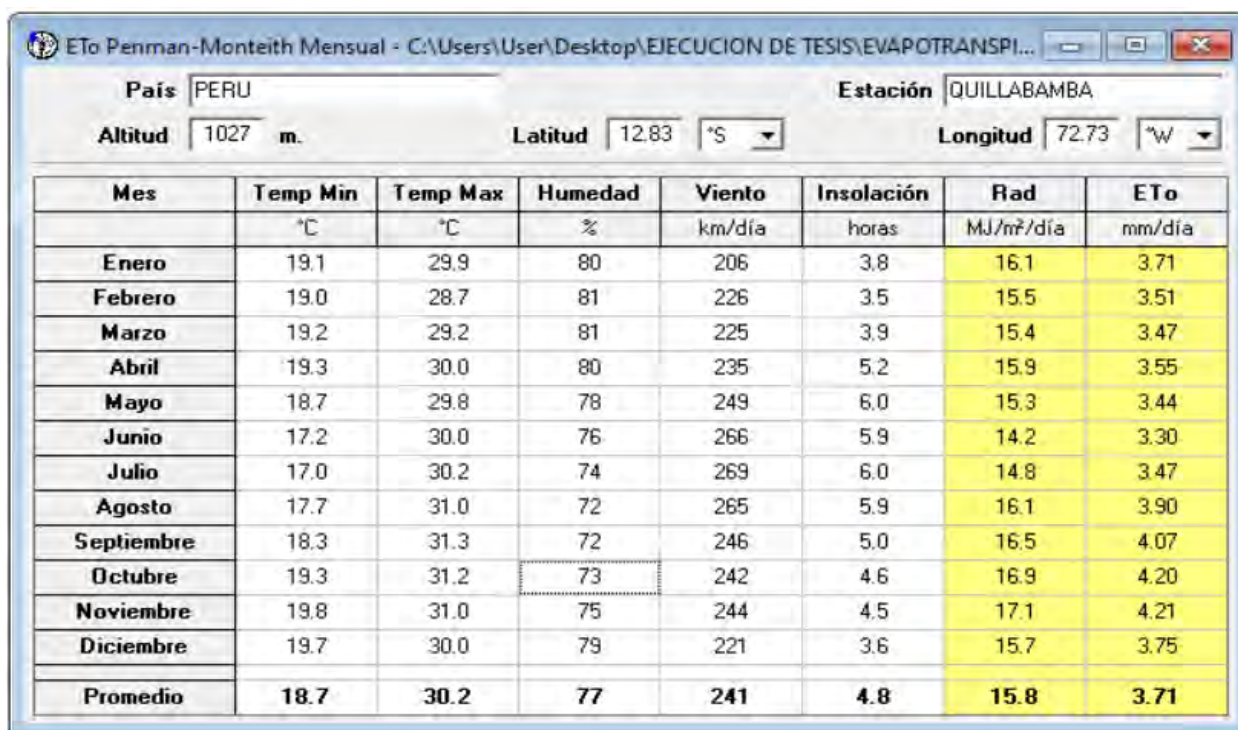
Sin embargo, se debe tener en cuenta que, aunque el promedio es favorable, en determinados meses pueden presentarse temperaturas superiores a 35 °C que incrementan la evapotranspiración y generan estrés en la planta. En estos casos, el riego por aspersión cumple una doble función: suministrar el agua necesaria y regular parcialmente la temperatura del microclima del cultivo, evitando pérdidas en rendimiento y calidad.

5.3.5. Evaluación de la evapotranspiración

Se realizó el análisis de la evapotranspiración de la zona.

Figura 40.

Cálculo de Evapotranspiración



The screenshot shows the 'ETo Penman-Monteith Mensual' software window. The input fields are: País: PERU, Estación: QUILLABAMBA, Altitud: 1027 m., Latitud: 12.83 °S, and Longitud: 72.73 °W. Below these fields is a table with 8 columns: Mes, Temp Min, Temp Max, Humedad, Viento, Insolación, Rad, and ETo. The table lists data for each month from Enero to Diciembre, along with a Promedio (Average) row. The ETo values are highlighted in yellow.

Mes	Temp Min °C	Temp Max °C	Humedad %	Viento km/día	Insolación horas	Rad MJ/m²/día	ETo mm/día
Enero	19.1	29.9	80	206	3.8	16.1	3.71
Febrero	19.0	28.7	81	226	3.5	15.5	3.51
Marzo	19.2	29.2	81	225	3.9	15.4	3.47
Abril	19.3	30.0	80	235	5.2	15.9	3.55
Mayo	18.7	29.8	78	249	6.0	15.3	3.44
Junio	17.2	30.0	76	266	5.9	14.2	3.30
Julio	17.0	30.2	74	269	6.0	14.8	3.47
Agosto	17.7	31.0	72	265	5.9	16.1	3.90
Septiembre	18.3	31.3	72	246	5.0	16.5	4.07
Octubre	19.3	31.2	73	242	4.6	16.9	4.20
Noviembre	19.8	31.0	75	244	4.5	17.1	4.21
Diciembre	19.7	30.0	79	221	3.6	15.7	3.75
Promedio	18.7	30.2	77	241	4.8	15.8	3.71

Fuente: Elaboración propia.

Los factores climáticos analizados como: precipitación media fue de 1147.69 mm, humedad relativa de 76.89%, velocidad media del viento de 2.79 m/s, horas sol 4.81, temperatura máxima media obtenida es de 30.23°C y temperatura mínima media 18.77°C, temperatura media anual de 24.24 °C, la evapotranspiración determinada para el cultivo de cítricos es de 2.73 mm/día en el mes de octubre, considerando el coeficiente del cultivo 0.65.

De acuerdo a Jiménez Acuña (2010), los requerimientos climáticos para el cultivo de cítricos son los siguientes: temperatura ideal 18°C y 28°C, con una temperatura media de 25.4°C, humedad relativa media es de 84.5%, Horas sol 4 a 5 horas diarias, precipitación anual 900 a 1200 mm.; tal como se muestra en la tabla 61.

De acuerdo a los datos obtenidos de SENHAMI, Las condiciones climáticas para el cultivo de cítricos tales como temperatura, humedad relativa, horas sol, precipitación en la zona de estudio son favorables para la producción de cítricos.

Tabla 61.

Requerimientos climáticos del cultivo de cítricos

Parámetros	Condiciones
Clima	Cálido y templado
Temperatura	Desde 18 a 28 °C promedio
Humedad	84.5%
Precipitaciones	Entre 900 a 1200 mm
Altitud	De 500 a 1200 m.s.n.m.
Tipo de suelo	Suelos profundos, bien aireados francos arenosos, con alto contenido de materia orgánica.
pH	Neutro a ligeramente ácido (5,5 a 6,5)

Fuente: Jiménez Acuña (2010)

5.3.6. Cálculo de la infiltración del suelo

Tabla 62.

Infiltración determinada en la zona de estudio

Item	Coordenadas UTM			Modelo del aspersor	Evaluación de las parcelas	
	Latitud	Longitud	Altitud		Promedio Infiltración (mm/h)	Textura del suelo
Muestra 1 – P3	751828	8573604	1030	KA 30	46.95	Franco arenoso
Muestra 2 – P10	752543	8573380	1119	KA 30	35.63	Franco arcillo arenoso
Muestra 3 – P16	752017	8573193	1061	KA 70	75.32	Franco arenoso
Muestra 4 – P24	752526	8572649	1058	VYR 35	68.30	Franco arenoso
Muestra 5 – P30	753806	8571082	1104	VYR 35	48.95	Franco arenoso

Fuente: Elaboración propia

Resultados de muestra 01

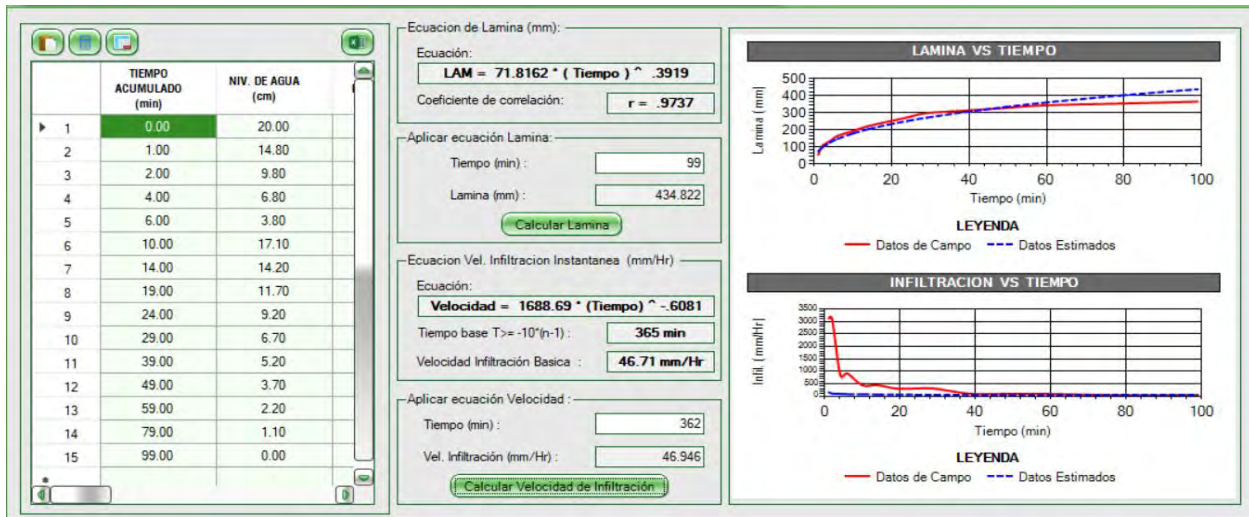
Tabla 63.

Cálculo de velocidad de infiltración de parcela N° 03 - Muestra 01

Ensayo de campo para medir la velocidad de infiltración N° 01									
Método:		Infiltrómetro de doble anillo							
Diámetro de cilindro exterior:	50 cm	Textura: franco arenoso				Caudal del aspersor		0.59 l/s	
Diámetro de cilindro interior:	30 cm	Cultivo:		cítricos		Tipo de aspersor		KA 30	
Tiempo acumulado (min)	Nivel del agua (cm)	Nivel Recuperación agua (cm)	Lamina infiltrada (mm)	Lamina acumulada (mm)	Velocidad infiltrada (mm/h)	Log (tiempo)	Log (lam. Acum)	Lamina estimada (mm)	Vel. Infil. Estimado (mm/h)
0.00	20.00	20.00	0.00	0.00					
1.00	14.80		52.00	52.00	3120.00	0.00	3.95	71.82	152.77
2.00	9.80		50.00	102.00	3000.00	0.69	4.63	94.23	101.42
4.00	6.80		30.00	132.00	900.00	1.39	4.88	123.64	86.70
6.00	3.80		30.00	162.00	900.00	1.79	5.09	144.94	76.55
10.00	17.10		29.00	191.00	435.00	2.30	5.25	177.06	69.26
14.00	14.20		29.00	220.00	435.00	2.64	5.39	202.02	63.55
19.00	11.70		25.00	245.00	300.00	2.94	5.50	227.70	59.52
24.00	9.20		25.00	270.00	300.00	3.18	5.60	249.53	56.11
29.00	6.70		25.00	295.00	300.00	3.37	5.69	268.74	53.17
39.00	5.20		15.00	310.00	90.00	3.66	5.74	301.83	51.59
49.00	3.70		15.00	325.00	90.00	3.89	5.78	330.07	50.13
59.00	2.20		15.00	340.00	90.00	4.08	5.83	354.99	48.77
79.00	1.10		11.00	351.00	33.00	4.37	5.86	398.02	47.84
99.00	0.00		11.00	362.00	33.00	4.60	5.89	434.82	46.95

Fuente: Elaboración propia.

Figura 41.

Determinación de velocidad de infiltración - Parcela N° 03 – Muestra 01

Fuente: Elaboración propia.

Según el cálculo la velocidad de infiltración de la parcela N° 03 se obtiene un valor promedio de 46.95 mm/h.

Resultados de muestra 02

Tabla 64.

Cálculo de velocidad de infiltración de parcela N° 10 - Muestra 02

Ensayo de campo para medir la velocidad de infiltración N° 02									
Método:					Infiltro metro de doble anillo				
Diámetro de cilindro exterior:		50 cm		Textura: franco arcillo arenoso		Caudal del aspersor		0.53 l/s	
Diámetro de cilindro interior:		30 cm		Cultivo: cítricos		Tipo de aspersor		KA 30	
Tiempo acumulado (min)	Nivel del agua (cm)	Niv. recuperación agua (cm)	Lamina infiltrada (mm)	Lamina acumulada (mm)	Velocidad infiltrada (mm/h)	Log (tiempo)	Log (lam. Acum)	Lamina estimada (mm)	Vel. Infil. Estimado (mm/h)
0	17		0.00	0.00					
1	16.5		5.00	5.00	300.00	0.00	1.61	7.70	135.85
2	15.8		7.00	12.00	420.00	0.69	2.48	11.51	93.96

3	15.5		3.00	15.00	180.00	1.10	2.71	14.55	85.54
4	15		5.00	20.00	300.00	1.39	3.00	17.19	75.78
7	14.3		7.00	27.00	140.00	1.95	3.30	23.76	66.78
10	13.7		6.00	33.00	120.00	2.30	3.50	29.21	61.37
15	12.9		8.00	41.00	96.00	2.71	3.71	36.94	56.01
20	12		9.00	50.00	108.00	3.00	3.91	43.63	51.52
30	11		10.00	60.00	60.00	3.40	4.09	55.18	47.71
40	10		10.00	70.00	60.00	3.69	4.25	65.18	44.71
60	9		10.00	80.00	30.00	4.09	4.38	82.42	42.27
80	8		10.00	90.00	30.00	4.38	4.50	97.35	40.22
100	7	10	10.00	100.00	30.00	4.61	4.61	110.78	38.48
120	9		10.00	110.00	30.00	4.79	4.70	123.11	36.96
140	8		10.00	120.00	30.00	4.94	4.79	134.60	35.63

Fuente: Elaboración propia.

Figura 42.

Determinación de velocidad de infiltración – Parcela N° 10 – Muestra 02



Fuente: Elaboración propia.

Según el cálculo la velocidad de infiltración de la parcela se obtiene un valor promedio de 35.63 mm/h.

Resultados de muestra 03

Tabla 65.

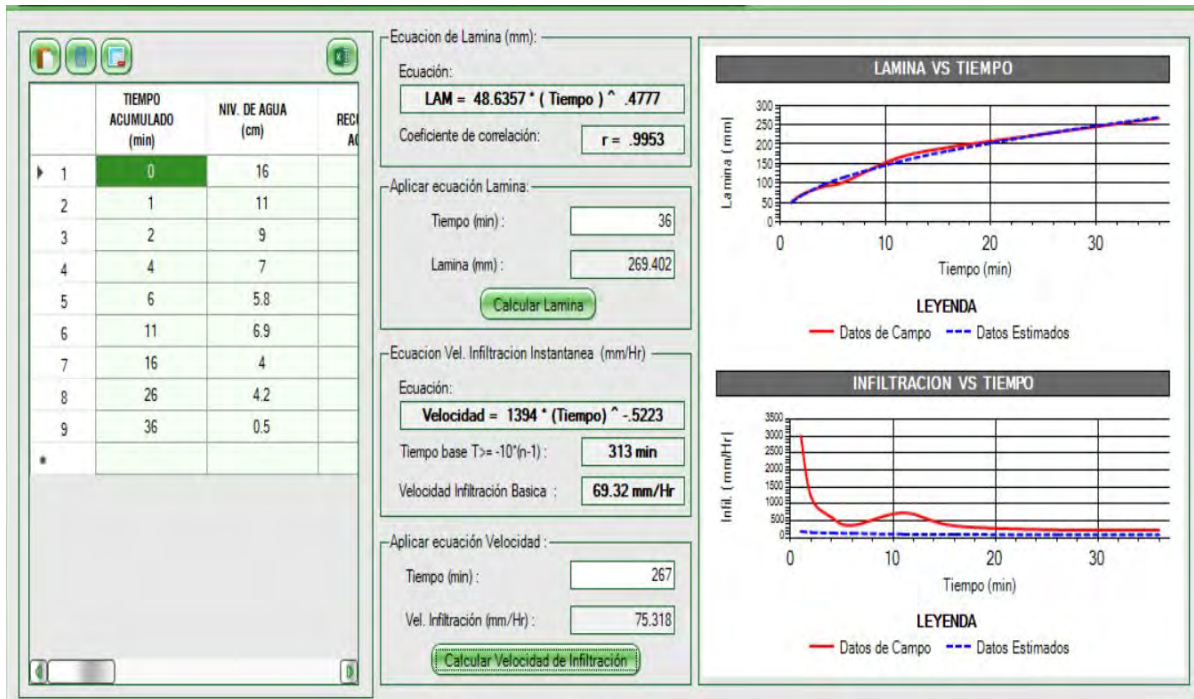
Cálculo de velocidad de infiltración de parcela N°16 - Muestra 03

Ensayo de campo para medir la velocidad de infiltración N° 03									
Método:					Infiltrómetro de doble anillo				
Diámetro de cilindro exterior:	50 cm	Textura: franco arenoso		Caudal del aspersor		0.68 l/s			
Diámetro de cilindro interior:	30 cm	Cultivo: cítricos		Tipo de aspersor		VYR 70			
Tiempo acumulado (min)	Niv. Del agua (cm)	Niv. Recuperación agua (cm)	Lamina infiltrada (mm)	Lamina acumulada (mm)	Velocidad infiltrada (mm/h)	Log (tiempo)	Log (lam. Acum)	Lamina estimada (mm)	Vel. Infil. Estimado (mm/h)
0	16		0.00	0.00					
1	11		50.00	50.00	3000.00	0.00	3.91	48.64	180.67
2	9		20.00	70.00	1200.00	0.69	4.25	67.73	151.55
4	7		20.00	90.00	600.00	1.39	4.50	94.31	132.91
6	5.8	13	12.00	102.00	360.00	1.79	4.63	114.47	124.50
11	6.9		61.00	163.00	732.00	2.40	5.09	152.91	97.46
16	4	8	29.00	192.00	348.00	2.77	5.26	182.88	89.47
26	4.2		38.00	230.00	228.00	3.26	5.44	230.62	81.42
36	0.5		37.00	267.00	222.00	3.58	5.59	269.40	75.32

Fuente: Elaboración propia.

Figura 43.

Determinación de velocidad de infiltración – Parcela N°16 – Muestra 03



Fuente: Elaboración propia.

Según el cálculo la velocidad de infiltración de la parcela se obtiene un valor promedio de 75.32 mm/h.

Resultados de muestra 04

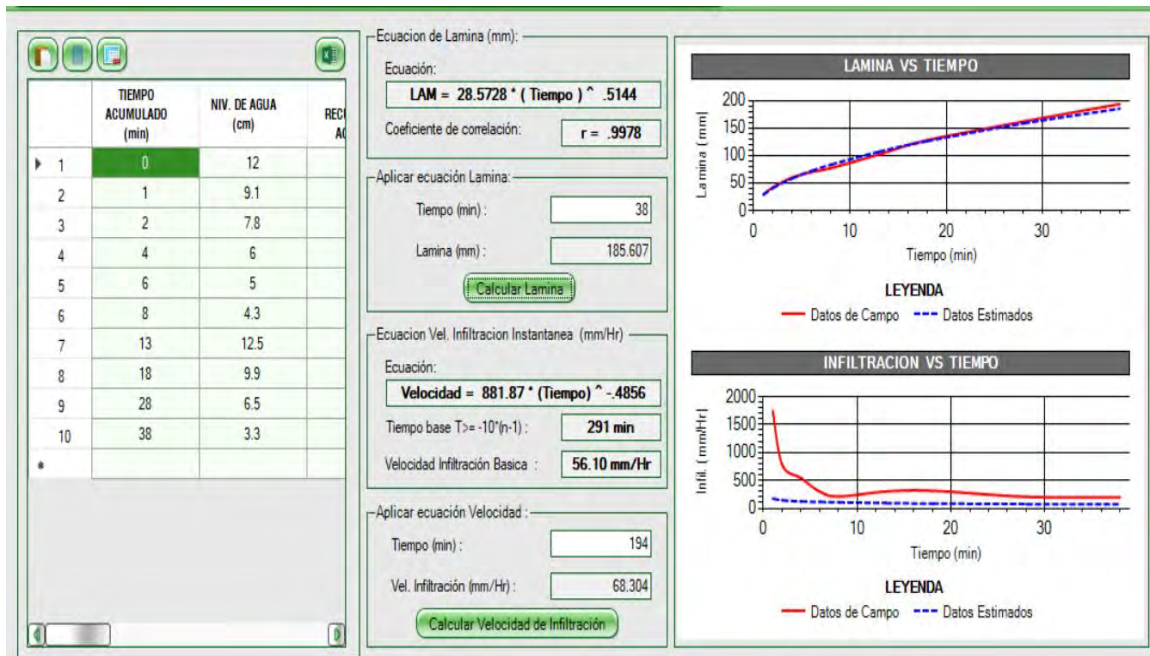
Tabla 66.

Cálculo de velocidad de infiltración de parcela N° 24 - Muestra 04

Ensayo de campo para medir la velocidad de infiltración N° 04									
Método:		Infiltrómetro de sobre anillo							
Diámetro de cilindro exterior:	50 cm	Textura: franco arenoso		Caudal del aspersor		0.69 l/s			
Diámetro de cilindro interior:	30 cm	Cultivo: cítricos		Tipo de aspersor		VYR 35			
Tiempo acumulado o (min)	Nivel del agua (cm)	Nivel recuperación agua (cm)	Lamina infiltrada (mm)	Lamina acumulada (mm)	Velocidad infiltrada (mm/h)	Log (tiempo)	Log (lam. Acum)	Lamina estimada (mm)	Vel. Infil. Estimado (mm/h)
0	12		0.00	0.00					
1	9.1		29.00	29.00	1740.00	0.00	3.37	28.57	171.90
2	7.8		13.00	42.00	780.00	0.69	3.74	40.81	143.60
4	6		18.00	60.00	540.00	1.39	4.09	58.30	120.76
6	5		10.00	70.00	300.00	1.79	4.25	71.82	112.05
8	4.3	15	7.00	77.00	210.00	2.08	4.34	83.27	106.99
13	12.5		25.00	102.00	300.00	2.56	4.63	106.90	93.33
18	9.9		26.00	128.00	312.00	2.89	4.85	126.38	83.59
28	6.5		34.00	162.00	204.00	3.33	5.09	158.62	74.55
38	3.3		32.00	194.00	192.00	3.64	5.27	185.61	68.30

Fuente: Elaboración propia.

Figura 44.

Determinación de velocidad de infiltración – Parcela N° 24 – Muestra 04

Fuente: Elaboración propia.

Según el cálculo la velocidad de infiltración de la parcela se obtiene un valor promedio de 68.30 mm/h.

Resultados de muestra 05

Tabla 67.

Cálculo de velocidad de infiltración de parcela N° 30 - Muestra 05

Ensayo de campo para medir la velocidad de infiltración N° 02									
Método:		Infiltrómetro de doble anillo							
Diámetro de cilindro exterior:	50 cm	Textura: franco arenoso				Caudal del aspersor		0.70 l/s	
Diámetro de cilindro interior:	30 cm	Cultivo: cítricos				Tipo de aspersor		VYR 35	
Tiempo acumulado (min)	Nivel del agua (cm)	Nivel recuperación agua (cm)	Lamina infiltrada (mm)	Lamina acumulada (mm)	Velocidad infiltrada (mm/h)	Log (tiempo)	Log (lam. Acum)	Lamina estimada (mm)	Vel. Infil. Estimado (mm/h)
0	12		0.00	0.00					
2	8.9		31.00	31.00	930.00	0.69	3.43	40.44	139.16
4	5.8		31.00	62.00	930.00	1.39	4.13	56.36	96.96
9	2.9	15	29.00	91.00	348.00	2.20	4.51	83.09	79.38
14	12.1		29.00	120.00	348.00	2.64	4.79	102.66	68.72
24	9.6		25.00	145.00	150.00	3.18	4.98	132.88	62.26
34	7.1		25.00	170.00	150.00	3.53	5.14	156.99	57.31
49	5.1		20.00	190.00	80.00	3.89	5.25	187.00	54.08
64	3.1		20.00	210.00	80.00	4.16	5.35	212.50	51.33
84	2.1		10.00	220.00	30.00	4.43	5.39	242.05	50.10
104	1.1		10.00	230.00	30.00	4.64	5.44	268.10	48.95

Fuente: Elaboración propia.

Figura 45.

Determinación de velocidad de infiltración – Parcela N° 30 – Muestra 05



Fuente: Elaboración propia.

Según el cálculo la velocidad de infiltración de la parcela se obtiene un valor promedio de 48.95 mm/h.

5.3.7. Resultados del analisis del laboratorio

Tabla 68.

Resultado de la muestra 01

Parámetro	Resultado	Unidad	Método	Técnica
Arena	48.29	%	MES - 001	Bouyoucos
Limo	23.87	%	MES - 001	Bouyoucos
Arcilla	27.84	%	MES - 001	Bouyoucos
Clase Textural	Franco Arcillo			
	Arenosa			
Densidad Aparente	1.16	g/cm ³	MES - 030	Gravimétrico
Capacidad de Campo (1/3 atm.)	20.96	%	MES - 038	Richards, 1944
Punto de Marchitez Permanente (15 atm.)	11.55	%	MES - 039	Richards, 1944

Fuente: Laboratorio de Valle Grande – Cañete - Lima.

El suelo presenta una textura intermedia, con predominio de arena y proporción moderada de arcilla. Esto indica una buena aireación y drenaje, pero con capacidad media de retención de agua y nutrientes, dicho suelo es adecuado el cultivo de cítricos. En cuanto a la densidad es un suelo ligeramente suelto, donde un 20.96 % indica moderada capacidad de retención de agua. El punto de marchitez permanente es de 11.55% adecuado para esta textura, donde la planta ya no puede extraer agua del suelo.

El resultado presenta 9.41 % de humedad útil, valor medio, Esto significa que, por cada 100 g de suelo seco, el cultivo puede disponer de 9.4 g de agua útil, antes de llegar al estrés hídrico.

Tabla 69.

Resultado de la muestra 02

Parámetro	Resultado	Unidad	Método	Técnica
Arena	36.33	%	MES - 001	Bouyoucos
Limo	37.85	%	MES - 001	Bouyoucos
Arcilla	25.82	%	MES - 001	Bouyoucos
Clase Textural	Franco	-	-	-
Densidad Aparente	1.00	g/cm ³	MES - 030	Gravimétrico
Capacidad de Campo (1/3 atm.)	21.98	%	MES - 028	Richards, 1944
Punto de Marchitez Permanente (15 atm.)	12.19	%	MES - 029	Richards, 1944

Fuente: Laboratorio de Valle Grande – Cañete - Lima.

El suelo presenta una textura intermedia, con predominio de limo y proporción moderada de arena. Esto indica un suelo con buena porosidad y drenaje, pero con capacidad menor de retención de agua y nutrientes, dicho suelo es adecuado el cultivo de cítricos. En cuanto a la densidad es un suelo suelto, donde un 21.98 % indica moderada capacidad de retención de agua. El punto de marchitez permanente es de 12.19% adecuado para esta textura, valor donde la planta ya no puede extraer más agua del suelo.

El resultado presenta 9.79 % de humedad útil, valor medio, Esto significa que, por cada 100 g de suelo seco, el cultivo puede disponer de 9.79 g de agua útil, antes de llegar al estrés hídrico.

Tabla 70.

Resultado de la muestra 03

Parámetro	Resultado	Unidad	Método	Técnica
Arena	48.32	%	MES - 001	Bouyoucos
Limo	30.87	%	MES - 001	Bouyoucos
Arcilla	20.81	%	MES - 001	Bouyoucos
Clase Textural	Franco	-	-	-
Densidad Aparente	1.15	g/cm ³	MES - 030	Gravimétrico
Capacidad de Campo (1/3 atm.)	18.72	%	MES - 028	Richards, 1944
Punto de Marchitez Permanente (15 atm.)	10.14	%	MES - 029	Richards, 1944

Fuente: Laboratorio de Valle Grande – Cañete - Lima.

El suelo presenta una textura intermedia, con predominio de arena y proporción moderada de limo. Esto indica un suelo con buena porosidad y drenaje, pero con capacidad menor de retención de agua y nutrientes, dicho suelo es adecuado el cultivo de citricos. En cuanto a la densidad es un suelo suelto, donde un 18.72% indica baja capacidad de retencion de agua. El punto de marchitez permanente es de 10.14% adecuado para esta textura, valor donde la planta ya no puede extraer mas agua del suelo.

El resultado presenta 8.58% de humedad útil, valor medio, Esto significa que, por cada 100 g de suelo seco, el cultivo puede disponer de 8.58 g de agua útil, antes de llegar al estrés hídrico.

5.3.8. Cálculo agronómico de sistema de riego

Se realizó un análisis del sistema de riego con los datos obtenidos con el propósito de mejorar la productividad de las parcelas analizadas.

.1. Datos generales para diseño

1.- Área de estudio	A = 1.00 ha
2.- Caudal disponible	Q = 0.6 l/s
3.- Suelo Textura	Franco arcillo arenosa
Capacidad de Campo	CC = 18.72 %

Punto de Marchitez Permanente	PMP = 10.14 %
Densidad Aparente	Da = 1.15 g/cm ³
4.- Cultivo	
Cultivo	Cítricos
Profundidad Radicular (media)	Pr = 1.20 m
Humedad fácilmente utilizable	HFU = 50.00 %
Evapotranspiración de cultivo (máximo)	ETc = 2.73 mm/día
5.- Velocidad de infiltración básica	Ib = 46.71 mm/h
6.- Jornada de trabajo	J = 12.00 h/día
7.- Eficiencia de Aplicación	Ea = 67.53 %

2. Cálculos de demanda hídrica

1.- Lamina neta (Ln): $Ln = (((CC - PMP)/100) * Da * Pr * HFU)$

Ln =	5.92	cm
Ln =	59.20	mm

2.- Lamina Real (Lr): $Lr = (Ln/Er)$

Eficiencia de Aplicación $Er = 67.53 \%$

Lr =	8.77	cm
Lr =	87.67	mm

3.- Intervalo de riego (IR): $IR = Ln / ETc$

IR = 2.17 días

IR = 3 días

4.- Caudal Preliminar: $Qp = (27,8 * Lr * A) / (IR * J)$

Lamina Real	Lr = 8.77 cm
Área a Irrigar	A = 1.00 ha
Intervalo de riego	IR = 3.0 días

Jornal de Trabajo

J = 12.00 horas

Qp = 6.8 l/s

.3. Características hidráulicas de aspersores

Especificaciones de DiseñoDe los Aspersores

-

Caudal del aspersor (qa)

qa = 2.160 m³/h

Espaciamientos (Ea * El)

Ea = 15.00 m

El = 15.00 m

Pluviometría del aspersor (Pp)

Pp = 9.60 mm/h

Presión de trabajo (Po)

Po = 2.40 bar

Diametro alcance de chorro (D)

D = 30.00 m

.4. Cálculos de disposición de tuberías y aspersores

1.- Comprobación de la Pluviometría:

Pp < Ib

Pluviometría
del Aspersor
(Pp)

Pp	<	Ib
9.60	<	46.95
mm/h	¡OK!	mm/h

Velocidad de Infiltración
Básica
¡OK!2.- Tiempo de
Aplicación (Ta):

$$Ta = Lr / Pp$$

Lámina real (Lr)

Lr = 87.67 mm

Pluviometría del aspersor (Pp)

Pp = 9.60 mm/h

Ta = 9.13 horas

Frecuencia de riego
adoptado

Fr = 3.00 días

3.- Tiempo de aplicación para 3 días
(TAC/7DIAS=TA*fr/ir)

TA =

9 horas

(Sin considerar la Pp
Efectiva)

4.- Número de posiciones /día /lateral:

Np/día/lat. =

 $\frac{\text{Jornal}}{Ta + Tc}$ Jornal, horas de
trabajo

J = 12.00 horas/día

Tiempo de aplicación (Ta)	Ta = 9 horas	
Tiempo de cambios (Tc)	Tc = 15 minutos	0.25 horas
	Np/día/lat. = 1.28 Posiciones	
	Np/día/lat. = 1.00 Posiciones en un día	

5.- Numero de aspersores por lateral: $Na = Ll / Ea$

Espaciamiento entre aspersores	Ea = 15.0 m	
Espaciamiento entre laterales	El = 15.0 m	
Longitud del lateral	Ll = 50 m	
	Na = 3.33	Aspersores en un lateral
	Na = 3.00	Aspersores en un lateral

.5. Cálculo de caudales de las tuberías

1.- Caudal por lateral: $Ql = Na * qa$

Caudal del aspersor (qa):	qa = 2.160 m ³ /h	
Número de aspersores por lateral:	Na = 3	Aspersores en un lateral
	Ql = 6.48 m ³ /h	1.80 l/s

Los factores agronómicos determinados del sistema de riego por aspersión son: capacidad de campo 18.72%, punto de marchitez permanente 10.14%, profundidad radicular media 1.20cm, velocidad de infiltración 46.95 mm/hora. Según los resultados obtenidos en el calculo agronomico del riego por aspersion son los siguientes: Tiempo de aplicación de riego 9 horas, con un total de 3 aspersores en un lateral. Cabe indicar según las encuestas realizadas en la pregunta ¿Qué tiempo dura el riego que aplica al cultivo de naranjo?, los resultados en el gráfico 11 obtenidos es lo siguiente: de 1 a 4 horas respondieron un 14.29%, de 5 a 9 horas respondieron un 68.57% y de 9 a 12 horas un 17.14% de productores encuestados, en cuanto a la cantidad de aspersores instalados un 80% de los encuestados instalaron de 1 a 3 aspersores en unidades productivas, indicadas en la en el gráfico 5.

DISCUSIÓN

En relación con el objetivo general, los resultados muestran que el coeficiente de correlación de 0.67 evidencia una relación positiva moderada entre el riego por aspersión y la producción de cítricos en la cuenca del río Mándor. Este hallazgo sugiere que, conforme aumenta la disponibilidad hídrica proporcionada por el sistema de aspersión, también se incrementa la productividad del cultivo, aunque la relación no es completamente lineal. El nivel de significancia estadística ($p < 0.05$) confirma la validez de este resultado. No obstante, se identificó que el coeficiente de uniformidad alcanzó en promedio solo 47.54 %, valor considerado bajo de acuerdo con los estándares de la FAO (≥ 70 % como aceptable). Esto refleja que la distribución del agua no fue homogénea en las parcelas, generando sectores con déficit y otros con exceso de humedad. Aun así, la correlación positiva encontrada sugiere que, aunque el sistema no opera en condiciones óptimas, la cantidad total de agua aplicada es suficiente para sostener incrementos productivos. Este escenario refuerza la hipótesis de que, si se lograra optimizar la uniformidad del riego (> 70 %), la relación entre riego y rendimiento podría ser aún más fuerte, con impactos directos en la eficiencia de uso del agua y la sostenibilidad productiva.

Estos resultados se asemejan a lo planteado por Olarte Bautista (2009), quien reportó coeficientes de uniformidad entre 19 % y 86 % en diferentes pruebas con aspersores, con un promedio de 52 %. De manera similar, Velasco Sequeiros (2013) evidenció que la eficiencia de aplicación en módulos de cacao bajo aspersión osciló entre 29 % y 38 %, valores igualmente deficientes respecto a lo recomendado. Esto confirma que los problemas de uniformidad son frecuentes en sistemas de aspersión no tecnificados o con deficiencias de operación y mantenimiento, lo que limita su desempeño hidráulico y, por ende, el potencial productivo de los cultivos.

Respecto al objetivo específico 1, el análisis del desempeño hidráulico de 35 parcelas determinó valores bajos: coeficiente de uniformidad (47.74 %), eficiencia de aplicación (48.54 %) y uniformidad de distribución (28.09 %). Estos indicadores revelan pérdidas significativas de agua y desigualdad en la aplicación, lo que puede favorecer problemas de lixiviación en algunas zonas y estrés hídrico en otras. Pese a estas limitaciones técnicas, el promedio de caudal descargado (0.65 l/s) y la presión media de trabajo (2.75 bar) se encuentran dentro del rango recomendado para

sistemas de aspersión convencionales, lo que indica que la principal limitante no está en el caudal o la presión de operación, sino en el diseño, calibración o disposición de los aspersores.

En cuanto al objetivo específico 2, se evidenció una influencia directa del riego por aspersión sobre variables productivas como el diámetro ecuatorial (incremento del 14.33 %), el peso promedio por hectárea (72.64 %) y el rendimiento por árbol (65.45 %). Estos resultados coinciden con los hallazgos de Pannunzio et al. (2009), quienes encontraron que el sistema de riego por microjet incrementó significativamente el diámetro de los frutos (75.93 mm) al favorecer una mayor cobertura radicular. En el presente estudio, si bien los frutos alcanzaron un diámetro promedio de 63.58 mm, el aumento registrado respecto al manejo tradicional evidencia el impacto positivo del riego en la calidad y el rendimiento del cultivo. Esto confirma que el aporte hídrico mediante aspersión, aun con deficiencias de uniformidad, mejora las condiciones de desarrollo fisiológico del cítrico, especialmente en etapas críticas de floración y llenado de fruto.

Respecto al objetivo específico 3, los factores climáticos (precipitación 1147.69 mm, humedad relativa 76.89 %, velocidad de viento 2.79 m/s y temperatura media de 24.24 °C) se encuentran dentro del rango reportado por Jiménez Acuña (2010) como óptimo para cítricos (18–28 °C, humedad relativa media 84.5 %, y precipitaciones entre 900–1200 mm). Estos datos confirman que las condiciones agroclimáticas de la cuenca del río Mándor son favorables para la citricultura, aunque la velocidad del viento cercana a 3 m/s podría afectar la uniformidad de distribución del agua en sistemas de aspersión, lo que explica en parte los bajos valores observados. En cuanto a los factores agronómicos, la capacidad de campo (20.96 %, 21.98 % y 18.72 %) y el punto de marchitez permanente (11.55 %, 12.19 % y 10.14 %) indican una buena disponibilidad de agua en el suelo,

Mientras que la velocidad de infiltración (46.95, 35.63, 75.32, 68.30 y 48.95 mm/h) muestra condiciones adecuadas para riego frecuente con bajas láminas. Como indica (Pizarro, 2015), que tasas de infiltración superiores a 20 mm/h permiten aplicar láminas bajas y frecuentes, reduciendo riesgos de encharcamiento y lixiviación.

Asimismo, la evapotranspiración del cultivo ($ET_c = 2.73$ mm/día) en el mes más crítico coincidió con los valores de referencia propuestos por (Allen et al. 2006, FAO-56) para cítricos en climas tropicales húmedos (2.5–3.0 mm/día). Investigaciones más recientes, (Hamido & Morgan,

2021), confirman que la estimación de ETc a partir de parámetros climáticos locales es fundamental para ajustar las dosis de riego y mejorar la eficiencia en el uso del agua.

En síntesis, los resultados obtenidos confirman que, aunque el sistema de aspersión presenta limitaciones hidráulicas en términos de uniformidad, su uso genera incrementos significativos en la producción de cítricos. Sin embargo, existe un amplio margen de mejora que permitiría incrementar la eficiencia en el uso del agua, la productividad del cultivo y la sostenibilidad del recurso hídrico. La comparación con otros estudios (Olarte Bautista, 2009; Velasco Sequeiros, 2013; Pannunzio et al., 2009) evidencia que estas deficiencias no son aisladas, sino recurrentes en sistemas de aspersión mal calibrados o sin un mantenimiento adecuado. Por lo tanto, se recomienda implementar prácticas de rediseño hidráulico, regulación de presiones, mantenimiento periódico de aspersores y capacitaciones técnicas a los productores, con el fin de optimizar la eficiencia y maximizar los beneficios productivos y económicos en la citricultura de la zona de estudio.

CONCLUSIONES

1. Conclusión para el objetivo general

Se concluye que entre el riego por aspersión y la producción de cítricos existe una correlación positiva significativa (coeficiente de correlación = 0.67). Esto indica que a medida que aumenta el riego por aspersión, la producción de cítricos tiende a incrementarse. Asimismo, el valor de significancia ($p = 0.0000$) confirma que la relación es estadísticamente significativa., este resultado indica que el incremento del riego por aspersión está asociado con una mejora en la producción de cítricos en la cuenca del río Mándor, en la provincia de La Convención, Cusco, durante el año 2021.

2. Conclusiones para el objetivo específico 1

El desempeño hidráulico del riego por aspersión, evaluado en 35 parcelas, arrojó valores promedios de coeficiente de uniformidad de 47.74%, eficiencia de aplicación de 48.54%, uniformidad de distribución de 28.09%, caudal descargado de 0.65 l/s, presión promedio de 2.75 bares y área regada de 626.86 m². Estos resultados demuestran que el sistema presenta un desempeño deficiente, al no alcanzar los valores de desempeño hidráulicos adecuados (coeficiente de uniformidad cercano al 95% y eficiencias entre 65% y 75%).

3. Conclusiones para el objetivo específico 2

Se determinó que existe una influencia directa del riego por aspersión en el grado de producción de cítricos en la cuenca del Río Mándor, esto se demuestra a través de un análisis donde el incremento en 14.33% del diámetro ecuatorial del fruto, también se determina el incremento del peso de fruto por cada hectárea en 72.64%; con respecto al rendimiento se verifica un incremento del 65.45% por cada árbol, lo cual indica que el impacto del riego por aspersión aún es limitado (8.89t/ha), lo cual también fueron corroborados con datos del ministerio de agricultura con resultados de 8.2 t/ha.

4. Conclusiones para el objetivo específico 3

Los factores climáticos evaluados —precipitación media anual de 1147.69 mm, humedad relativa promedio de 76.89 %, velocidad del viento de 2.79 m/s y temperatura media anual de 24.24 °C— se encuentran dentro de los rangos óptimos reportados para el cultivo de cítricos, en concordancia con lo señalado por Jiménez Acuña (2010). A partir de estos parámetros se estimó una evapotranspiración del cultivo (ET_c) de 2.73 mm/día para el mes de mayor demanda hídrica,

información fundamental para determinar los requerimientos de agua y establecer una programación eficiente del riego en la zona de estudio.

Asimismo, se evaluaron factores agronómicos de importancia para el manejo del riego. El promedio de la velocidad de infiltración del suelo fue de 46.95, 35.63, 75.32, 68.30 y 48.95 mm/h, valores que evidencian que la pluviometría de los aspersores empleados en la zona de estudio es inferior a la velocidad de infiltración del suelo. Esto indica que el sistema opera dentro de los parámetros aceptables, evitando pérdidas por escorrentía superficial.

En cuanto a la capacidad de campo (CC), se determinaron valores de 20.96 %, 21.98 % y 18.72 %, mientras que el punto de marchitez permanente (PMP) fue de 11.55 %, 12.19 % y 10.14 %. La diferencia entre CC y PMP refleja un adecuado rango de humedad aprovechable para el cultivo. Con base en estos resultados, se establece que el intervalo de riego óptimo es de aproximadamente 3 días en las condiciones de la zona evaluada.

Limitaciones metodológicas

- El estudio se basó en una muestra de 35 parcelas, si bien permitió obtener promedios representativos, podría limitar la generalización de los resultados a toda la cuenca.
- La evaluación del desempeño hidráulico se realizó en condiciones puntuales de campo, sin considerar variaciones estacionales ni efectos acumulativos a lo largo de varios años agrícolas.
- El análisis de la relación entre riego y producción de cítricos se restringió a indicadores físicos y de rendimiento, sin incorporar aspectos económicos ni de sostenibilidad ambiental, que podrían ampliar la comprensión de los impactos reales del riego.
- No se evaluaron en detalle factores externos como la fertilización, manejo fitosanitario o prácticas de poda, los cuales también influyen significativamente en la producción y podrían haber interactuado con el efecto del riego.

RECOMENDACIONES

1. Recomendaciones para agricultores

Capacitación continua: Los agricultores deben buscar formación continua en el uso y mantenimiento de sistemas de riego por aspersión. Esto incluye comprender la importancia de la uniformidad del riego y cómo ajustar los sistemas para maximizar la eficiencia del agua.

Gestión de recursos hídricos: Se recomienda adoptar prácticas de conservación de agua y gestión sostenible de los recursos hídricos, lo cual es fundamental en zonas con recursos limitados.

Adopción de tecnologías modernas: Adoptar tecnologías de riego modernas y eficientes, que pueden mejorar significativamente la productividad y sostenibilidad de sus cultivos, tales como los riegos por microaspersión.

2. Recomendaciones para autoridades locales y gubernamentales

Apoyo y financiamiento: Brindar apoyo financiero y técnico para la instalación y mantenimiento de sistemas de riego por aspersión. Esto puede incluir subvenciones, préstamos a bajo interés o programas de incentivos.

Programas de capacitación: Implementar programas de capacitación para agricultores en técnicas de riego eficiente, gestión de recursos hídricos y prácticas agrícolas sostenibles.

Fomentar la colaboración: Establecer plataformas de colaboración entre agricultores, expertos en riego y autoridades para facilitar el intercambio de conocimientos y mejores prácticas.

3. Recomendaciones para organizaciones de investigación agrícola

Investigaciones continuas: Realizar estudios adicionales sobre la optimización de sistemas de riego en diferentes condiciones climáticas y tipos de suelo para proporcionar información detallada a los agricultores sobre las mejores prácticas de riego.

Desarrollo de tecnologías asequibles: Trabajar en el desarrollo y la difusión de tecnologías de riego asequibles y eficientes, adecuadas para pequeños y medianos agricultores.

4. Recomendaciones para organizaciones de desarrollo comunitario

Educación comunitaria: Desarrollar programas de educación comunitaria sobre la importancia del uso eficiente del agua y la conservación del suelo para mejorar la sostenibilidad a largo plazo.

Promover la agricultura sostenible: Fomentar la implementación de prácticas agrícolas que sean sostenibles y respetuosas con el medio ambiente, incluyendo el uso eficiente del agua y la gestión integrada de plagas.

BIBLIOGRAFÍA

- Aguirre Sedamanos, M. A. (2012). *Evaluacion, mejora y ampliacion del sistema de riego por aspersión Miraflores de la parroquia Juan Montalvo, Canton Cayambe*. Quito, Ecuador.
- Aldana, C., & Saavedra, Y. (2021). Producción agrícola espacial-temporal del Citrus x limon y Mangifera indica, mediante firmas espectrales e imágenes de satélite. *Scientia Agropecuaria*, 12(4), 557-570. doi:<https://dx.doi.org/10.17268/sci.agropecu.2021.060>
- Alejos Ascencio, C. S. (2018). *Distribucion de uniformidad de agua de riego para diferentes condiciones de viento y aspersores en las areas verdes - UNALM*. Lima.
- Autocontrolplan. (4 de 7 de 2015). *Guía Legionella. Capítulo 10: Riego por aspersión en el medio urbano*. Obtenido de 2015: <https://www.autocontrolplan.es/guia-legionella-riego-por-aspersion-en-el-medio-urbano/>
- Cahua Villasante, D. A. (2020). *Evaluacion del sistema de riego por aspersión Huancasayani Ñacoreque y su relacion produccion agricola en Cuyocuyo - Sandia*. . Puno.
- Caicedo, O., & Balmaseda, C. (2015). Evaluación hidráulica del riego por aspersión subfoliar en banano (Musa paradisiaca) en la finca San José 2, provincia Los Ríos, Ecuador. *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 24(1), 38-43.
- Coloma, D. M., & Camacho Coloma, Y. (2015). *Evaluacion técnica y económica de la instalación de riego tecnificado en la comunidad de Sambaray Alto, Centro, Margaritayoc e Isilluyoc, distrito de Santa Ana, provincia de La Convencion. Quillabamba*. Quillabamba.
- De La Cruz Janampa, M. (2015). *"EVALUACIÓN DEL COEFICIENTE DE UNIFORMIDAD Y EFICIENCIA DE APLICACION EN EL SISTEMA DE RIEGO POR ASPERSION PACURI-SOCOS-AYACUCHO"*. Ayacucho.

Dermin, P. E. (2014). *Aportes para el mejoramiento del manejo de los sistemas de riego*.

Catamarca - Argentina: INTA.

Fernandez Gomez, R. (2010). *Manual del riego para agricultores*. Sevilla: Andalucía.

Gestiriego. (28 de MARZO de 2016). *COMPARACION SISTEMAS DE RIEGO*. Obtenido de

<https://www.gestiriego.com/comparacion-sistemas-de-riego/>

Gutierrez Peralta, M. J., & Diaz Huete, G. N. (2016). *Evaluacion del sistema de riego, por*

aspersión en el centro nacional de investigación agropecuaria y biotecnología. Managua,

Nicaragua.

Hamido, S., & Morgan, K. T. (2021). “*El efecto de la tasa de riego sobre las relaciones hídricas*

de árboles jóvenes de cítricos en plantaciones de alta densidad.”. Florida: MDPI.

Hernández, F., & Pérez, A. (2017). Impacto del Caudal de Riego en la Erosión del Suelo y

Escorrentía. *Agricultural Water Management Studies*, 142-153.

Huaylla Limachi, L. (2019). *Sistemas de riego tecnificado*. Vallegrande - Bolivia: Instituto de

Capacitación del Oriente.

Iagua. (4 de 1 de 2014). *Riego de los cítricos: ¿Qué sistema de regadío es el ideal?* Obtenido de

<https://www.iagua.es/noticias/regaber/riego-citricos-que-sistema-regadio-es-ideal>

IICA. (2020). *SISTEMAS DE RIEGO POR GOTEÓ, MICROASPERSIÓN Y ASPERSIÓN*.

Programa de capacitación teórico, práctico e innovación tecnológica para implementar sistemas de riego presurizado en el cantón Espíndola. Obtenido de

[https://repositorio.iica.int/bitstream/handle/11324/21092/BVE22098484e.pdf?sequence=](https://repositorio.iica.int/bitstream/handle/11324/21092/BVE22098484e.pdf?sequence=1)

1

Johnson, D. (2020). Uniform Water Distribution in Sprinkler Irrigation Systems: Key Factors

and Considerations. *International Journal of Citrus Research*, 201-210.

- Junta de Andalucía. (2010). *Servicios de asesoramiento al regante*. Andalucía-España.
- Lagos, O., Manrique, C., Valdivia, W., & Contreras, J. (2015). Manual sistemas de riego y manejo hídrico de cultivos. *Yo cuido el agua*.
- Lamo, J. (2015). *MANUAL MÉTODOS DE RIEGO*. Obtenido de <https://fundacionsuna.org/wp-content/uploads/PDF/Jaime-Lamo/MANUAL-M%C3%89TODOS-DE-SISTEMAS-DE-RIEGO.pdf>
- Laserna Arcas, S., Montero Martinez, j., Sheikhesmaeili, O., & Alcazar Bascuñana, E. (2016). Analisis de uniformidad de riego en sistemas de aspersion semiportatil con aspersores de gran tamaño. *XXXIV congreso Nacional de Riegos- Sevilla*.
- Lee, Y., & Kim, S. (2019). Maximizing Irrigation Efficiency in Citrus Orchards: The Role of Sprinkler Selection. *Agricultural Water Management*, 45-58.
- Monge Pérez, J. E., & Loría-Coto, M. (2020). Parámetros de selección para el rendimiento en melón (Cucumis melo) cultivado. *UNED Research Journal*, 12.
- Olarte Bautista, F. M. (2009). *Determinacion del coeficiente de uniformidad del sistema de riego por aspersion en el cultivo de naranja (Citrus sinensis) en el sector dr San Pedro - Calera*. Quillabamba.
- Pizarro, F. (2015). *Riegos localizados de alta frecuencia*. Madrid: Mundi - Prensa.
- Rocio, H. C., Julio, R. C., & Hugo, S. C. (2014). “*ANALISIS Y ELABORACION DE PROPUESTA PARA MEJORAR LA IMPLEMENTACION EXITOSA DEL PROGRAMA PSI-SIERRA EN LA JUNTA DE USUARIOS DE AGUA CUSCO*”. CUSCO.
- Rodríguez, M., & García, E. (2021). Influencia de la Presión en la Eficiencia del Riego por Aspersión. *Journal of Advanced Irrigation Systems*, 58-67.

- Santacruz, G., & Santacruz, E. (2020). Evaluación del desempeño del riego por aspersión en lotes con cultivo de banana en Chiapas, México. *Siembra*, 7(2), 1-13.
- Sevilla Gildemeister, J. C. (2014). Operacion y Mantenimiento del Sistema de Riego por Aspersión en Laderas. *Programa Subsectorial de Irrigaciones-PSI y Programa de Riego Tecnificado-PRT.*, Pag. 17.
- Smith, J., & Martinez, L. (2018). Effective Sprinkler Irrigation System Designs in Citrus Farming. *Journal of Agricultural Science*, 123-135.
- Tarjuelo, J. M. (1991). *El riego por aspersión: diseño y funcionamiento*. Albacete -España: Ediciones de la Universidad.
- Thompson et al. (2022). Optimizing Water Use in Citrus Agriculture: Designing Efficient Sprinkler Irrigation Systems. *Journal of Agricultural Water Management*, 245-262.
- UNALM. (2015). *GUIA RIEGO TECNIFICADO EN EL CULTIVO DE*. Obtenido de <https://www.agrobanco.com.pe/data/uploads/ctecnica/013-f-citricos.pdf>
- Valencia, K., & Duana, D. (2019). Los cítricos en México: análisis de eficiencia técnica. *Análisis Económico*, 34(87), 269-283.
- Vasquez, V. A. (et al, 2017). *Fundamentos de la ingeniería de riegos*. Lima: P. 411.
- Velasco Sequeiros, P. E. (2013). *Evaluación de uniformidad y eficiencia de riego en tres módulos de riego por aspersión en el cultivo del cacao, en el sector de Maranniyoc - Echarati*. Quillabamba.
- Víctor Beyá, M., & Galleguillos, T. (2020). Optimización de riego en paltos y en cítricos. *Serie Ciencias Agronómicas*.

ANEXOS

a) Matriz de consistencia

“Riego por aspersión y su relación con la producción de cítricos en la Cuenca del Río Mándor, La Convención – Cusco”						
PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES	MÉTODO	POBLACIÓN	TÉCNICAS
Problema general ¿Cuál es la relación entre el riego por aspersión y la producción de cítricos en la Cuenca del Río Mándor en La Provincia de la Convención – Cusco, 2021? Problemas específicos 1. ¿Cuál es el desempeño hidráulico del riego por aspersión en la producción de cítricos en la Cuenca del Río Mándor en la Provincia de La Convención – Cusco, 2021? 2. ¿Cuál es la influencia del riego por aspersión en el grado de producción de cítricos en la Cuenca del Río Mándor en La Provincia de la Convención – Cusco, 2021? 3. ¿Cómo son los factores climáticos y agronómicos del riego por aspersión para la producción de cítricos en la Cuenca del Río Mándor en la Provincia de La Convención – Cusco, 2021?	Objetivo general Analizar la relación entre el riego por aspersión y la producción de cítricos en la Cuenca del Río Mándor en la Provincia de La Convención – Cusco, 2021. Objetivos específicos 1. Determinar el desempeño hidráulico del riego por aspersión en la producción de cítricos en la Cuenca del Río Mándor en La Provincia de la Convención – Cusco, 2021. 2. Determinar la influencia del riego por aspersión en la producción de cítricos en la cuenca del Río Mándor en la Provincia de la Convención – Cusco, 2021. 3. Analizar los factores climáticos y agronómicos del sistema de riego por aspersión para la producción de cítricos en la Cuenca del Río Mándor en la Provincia de La Convención – Cusco, 2021.	Hipótesis general Existe una correlación positiva significativa entre el riego por aspersión y la producción de cítricos en la cuenca del Río Mándor en la Provincia de La Convención – Cusco, 2021. Hipótesis específicas 1. El desempeño hidráulico del sistema de riego por aspersión presenta una relación significativa con la producción de cítricos en la cuenca del río Mándor, provincia de La Convención – Cusco, 2021. 2. La aplicación de riego por aspersión influye de manera positiva en el grado de producción de cítricos en la cuenca del río Mándor, provincia de La Convención – Cusco, 2021. 3. Los factores climáticos y agronómicos asociados al riego por aspersión se relacionan de manera significativa con la producción de cítricos en la cuenca del río Mándor, provincia de La Convención – Cusco, 2021.	Variable independiente Riego por aspersión Variable dependiente Producción de cítricos Indicadores para medir •Caudal descargado (l/s). •Promedio de presiones (bar). •Coeficiente de uniformidad de Christiansen (%). •Uniformidad de distribución (%). •Área regada (m²). •Eficiencia de aplicación (%). Producción •Peso del fruto (kg). •Diámetro ecuatorial del fruto (mm). Factores climáticos •Temperatura (°C) •Precipitación (mm) •Velocidad de viento (m/s) •Humedad relativa (%) Factores agronomicos • Evapotranspiracion (mm/día). • Capacidad de campo laboratorio (%) • Punto de marchitez permanente (%) • Infiltracion el suelo (mm/h)	Tipo Correlaciona l. Nivel Cuantitativo Diseño Diseño no experimental	70 parcelas con instalación de riego por aspersión. Muestra $n = \frac{a^2 \cdot p \cdot q \cdot N}{E^2(N - 1) + a^2}$ Donde: n= Muestra a= 1.65 intervalo de confianza N= 70 p= 0.50 q= 0.50 E= 0.10 $n = 35$ Parcelas sin riego Población 12 parcelas Muestra= 10 parcelas	Técnicas Recopilación documental y medición de los riegos parcelarios de acuerdo a los indicadores planteados. Instrumentos Ficha de recolección de datos y materiales de investigación. Análisis Histograma Medias Pruebas de hipótesis Procesamiento Excel SPSS Word



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO DE ABAD DEL CUSCO

ESCUELA DE POSTGRADO EN INGENIERÍA CIVIL MENCIÓN RECURSOS HÍDRICOS Y MEDIO AMBIENTE

FECHA:CÓDIGO:- 2023

Sr. Agricultor, se le presenta un cuestionario de preguntas, cuyo objetivo es de conocer la realidad del riego por aspersión y su relación con la producción de cítricos en la cuenca del Río Mándor, se le agradece contestar las preguntas, marcando con un aspa la respuesta que usted crea conveniente, el cual es un trabajo de investigación de Posgrado en Ingeniería Civil, Mención Recursos Hídricos y Medio Ambiente de la Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco.

I. Datos generales:

Género: Masculino..... Femenino.....

Edad: 18-25..... 26-31..... 32-37..... 38-43..... 44 y más.....

Grado de instrucción: Sin estudio..... Primaria..... Secundaria..... Superior.....

Antigüedad como citricultor: Menos de 5 años..... 6 a 19 años..... Más de 20 años.....

II. - Nivel de operación del sistema de riego

1. ¿Sabe que es un hidrante? Si (), No ().
2. ¿Conoce la presión del agua en su hidrante? Si (), No ().
3. ¿Quién instaló el sistema de red de aspersores en su parcela? Ud (), otros ().
4. ¿Conoce el tipo de aspersor que utiliza? Si (), No ().
5. ¿Cuántos aspersores instaló en su parcela? 1-3(), 4-6(), 7-9(), 10-12(), Más de 12().
6. ¿Cuál es el distanciamiento de instalación de los aspersores? 1-5 (), 6-10 (), 11-15 (), 16-20 (), mas de 20m ().
7. ¿A qué distancia instaló las líneas de aspersores? 1-5 (), 6-10 (), 11-15 (), 16-20 (), más de 20m ().
8. ¿En qué meses realiza el riego? Diciembre - mayo (), junio - noviembre ().
9. ¿En qué etapa de maduración del cultivo de naranja realiza el riego? Pre floración (), Floración (), Crecimiento (), maduración ().

10. ¿Cuál es la frecuencia de riego realizado? 7 días (), 15 días ().
11. ¿Qué tiempo dura el riego que aplica al cultivo de naranjo? 1-4 horas (), 5-9 (), 10-12 horas ().
12. ¿Cuál es el turno de riego realizado? Mañana (), tarde (), noche ().
13. ¿El caudal de agua que llega a su parcela es de flujo uniforme? Si (), No ().
14. ¿El caudal del agua se incrementa o disminuye? Se incrementa (), disminuye ().
15. ¿Usa el agua de riego de otras fuentes fuera del proyecto? Si (), No ().
16. ¿Cuánto paga por el uso de agua de riego? 0-15 soles (), 16-30 soles (), más de 30 soles (), no paga ().
17. ¿Usa elevador para riego en el cultivo de naranjo? Si (), No ().
18. ¿El proyecto de riego generó conflictos por el uso de agua? Si (), No ().

III. - Nivel de producción de cítricos

19. ¿Conoce la calidad de sus suelos? Si (), No ().
20. ¿Sabe cuáles son las fases de producción del cultivo de naranja? Si (), No ().
21. ¿Qué variedad de naranja cultiva? Valencia (), Lima naranja (), Wasingthon Navel (), Otros ().
22. ¿Cuál es la edad de sus plantaciones de naranja? 1-5 años (), 6-10 años (), 11-15 años (), más de 15 años ().
23. ¿Cuál es el distanciamiento de sus plantaciones? 4m x 4m(), 5m x 5m(), 4m x 5m ().
24. ¿Cuántos árboles de naranja conduce? 100 -150 (), 151-312 (), 313-500 (), 501-625 (), más de 625 ().
25. ¿La plantación de naranjas es puro o asociado? Asociado (), Puro ().
26. ¿Cuál fue el rendimiento por árbol de naranja antes del proyecto? a). 1-5Kg ()
b). 6-10Kg () c). más de 10Kg ().
27. ¿Cuál es su rendimiento por árbol de naranja después del proyecto? a). 1-5Kg ()
b). 6-10Kg (), c). más de 10Kg ().
28. ¿Con el proyecto ha mejorado la calidad y tamaño del naranjo? Si (), No ().

29. ¿Con el proyecto es mayor o menor la incidencia de plagas y enfermedades? Mayor 8 (), menor ().
30. ¿Realiza podas en el cultivo de naranjo? Si (), No ().
31. ¿Realiza la fertilización en el cultivo de naranjo? Si (), No ().
32. ¿Realiza labores de control de plagas y enfermedades? Si (), No ().
33. Con la implementación del riego ¿incrementó sus ingresos? Si (), No ().
34. Con la implementación del riego ¿amplió su área de cultivo de naranjo? Si (), No ().
35. ¿Disminuyó la migración de la población? Si (), No ().

III. - Organización para la operación del sistema de riego

36. ¿Fue capacitado en el manejo de los cítricos? Si (), No ().
37. Fueron capacitados en manejo de sistemas de riego parcelario? Si (), No ().
38. Fueron capacitados en manejo de aguas y suelos? Si (), No ().
39. Fueron capacitados en educación Ambiental? Si (), No ().
40. Conoce los alcances y objetivos del proyecto de riegos? Si (), No ().

Observaciones.....

PANEL FOTOGRÁFICO



Fotografía 1. Coordinación con los comités de regantes antes de iniciar el estudio.



Fotografía 2. Se realizó encuestas a los agricultores con instrumentos de evaluación.



Fotografía 3. Evaluación de coeficiente de uniformidad de los aspersores VYR 70.



Fotografía 4. Medida de presión con manómetro del aspersor K30.



Fotografía 5. Medida de caudal de aspersor VYR 35.



Fotografía 6. Medida del distanciamiento de los aspersores.



Fotografía 7. Evaluación de la velocidad de infiltración con infiltrómetro de doble cilindro.



Fotografía 8. Medida de presión de los hidrantes con manómetro.



Fotografía 9. Apertura de calicatas de acuerdo a la zona clasificada.



Fotografía 10. Captación de agua para riego en la cuenca de Mandor.



Fotografía 11. Medición del peso de frutos.



Fotografía 12. Medición de diámetro de frutos

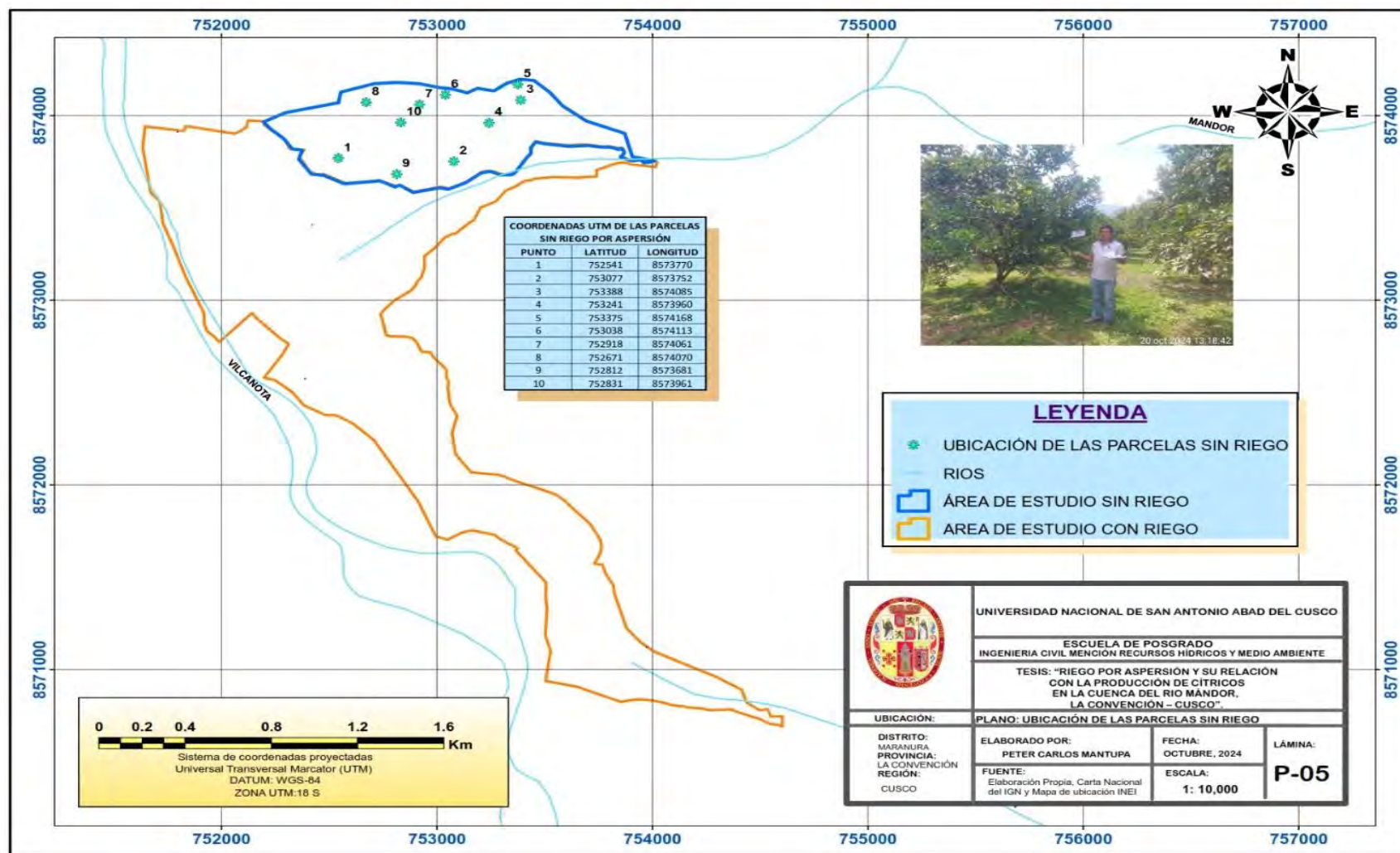


Fotografia 13. Evaluacion de la produccion de citricos con riego.



Fotografia 14. Evaluacion de la produccion de citricos sin riego.

Fotografía 15. Ubicación de las parcelas sin riego.



Resultados del análisis de suelo del ámbito de estudio



VALLE GRANDE
 Laboratorio de Química Agrícola

SOLICITANTE : PETER CARLOS MANTIUPA
 PREDIO : PRODUCTORI
 MATRIZ : SUELO AGRICOLA

ANÁLISIS : 1027-015 /2023
 LUGAR : Cuzco
 FECHA DE RECEP. : 13/10/2023

INFORME DE ANÁLISIS DE SUELO - ESPECIAL
MUESTRA : PROYECTO TESIS «LOTE 1» - 1ha - CULT. CITRICOS - CUENCA DE MANDOR

PARÁMETRO	RESULTADO	UNIDAD	MÉTODO	TÉCNICA
Textura				
Arena	66.29	%		
Limo	23.87	%		
Arcillo	27.84	%	MES - 001	Bouyoucos
Clase Textural	FRANCO ARCILLO ARENOSA			
Densidad Aparente	1.66	g / cm ³	MES - 002	Granvéntrico
Capacidad de Campo (1/3 atm.)	20.96	%	MES - 002	Richards, 1944
Punto de Marchitez Permanente (15 atm.)	11.55	%	MES - 003	Richards, 1944

NOTAS:

1. Los resultados presentados corresponden sólo a la muestra indicada.

2. Se permite la reproducción parcial o total del presente informe en la asociación del Laboratorio de Química Agrícola.


MSc. Quím. Alexia Saucedo Chacón
JEFE DEL LABORATORIO


UNIVERSIDAD DE HUANCAYO
Facultad de Ciencias Exactas y Naturales


MSc. Agr. Julio Castro Lazo
DIRECTOR DEL LABORATORIO

Promotora de Obras Sociales y de Instrucción Popular
 Panamericana Sur Km. 144, San Vicente de Cañete, Lima - Perú
 Teléfono: (511) 581 2261 - Celular: 991 692 563
 Email: laboratorio@vallegrande.edu.pe | Web: www.vallegrande.edu.pe


VALLE GRANDE

Laboratorio de Química Agrícola

SOLICITANTE : PETER CARLOS MANTUPA

ANÁLISIS : 1027-02S -2023

PREDIO : PRODUCTOR2

LUGAR : Cuzco

MATRIZ : SUELO AGRÍCOLA

FECHA DE RECEP. : 13/10/2023

INFORME DE ANÁLISIS DE SUELO - ESPECIAL
MUESTRA : PROYECTO TESIS -LOTE 2 - 1ha - CULT. CITRICOS - CUENCA DE MANDOR

PARÁMETRO	RESULTADO	UNIDAD	METODO	TÉCNICA
Textura				
Arena	36.33	%	MES - 001	Bouyoucos
Limo	37.85	%		
Árcilla	25.82	%		
Clase Textural	FRANCO			
Densidad Aparente	1.00	g / cm ³	MES - 030	Gravimétrico
Capacidad de Campo (1/3 atm.)	21.98	%	MES - 028	Richards, 1944
Punto de Marchitez Permanente (15 atm)	12.19	%	MES - 029	Richards, 1944

DONDE:

% : Masa / Masa.

MES : Método Propio del Laboratorio

NOTA:

1: Los resultados presentados corresponden solo a la muestra indicada.

2: Se prohíbe la reproducción parcial o total del presente informe sin la autorización del Laboratorio de Química Agrícola.

MSc. Quím. Alexis Saucedo Chacón
JEFE DEL LABORATORIO



MSc. Agr. Julio Castro Lazo
DIRECTOR DEL LABORATORIO

Promotora de Obras Sociales y de Instrucción Popular
 Panamericana Sur Km. 144, San Vicente de Cañete, Lima - Perú
 Teléfono: (511) 581 2261 | Celular: 991 692 563
 Email: laboratorio@vallegrande.edu.pe | Web: www.vallegrande.edu.pe



VALLE GRANDE
Laboratorio de Química Agrícola

SOLICITANTE : PETER CARLOS MANTUPA

ANÁLISIS : 1027-03S -2023

PREDIO : PRODUCTOR3

LUGAR : Cuzco

MATRIZ : SUELO AGRICOLA

FECHA DE RECEP. : 13/10/2023

INFORME DE ANÁLISIS DE SUELO - ESPECIAL
MUESTRA : PROYECTO TESIS -LOTE 3- 1ha - CULT. CITRICOS - CUENCA DE MANDOR

PARÁMETRO	RESULTADO	UNIDAD	MÉTODO	TECNICA
Textura				
Arena	48.32	%		
Limo	30.87	%		
Arcilla	20.81	%	MES - 001	Bouyoucos
Clase Textural	FRANCO			
Densidad Aparente	1.15	g / cm ³	MES - 030	Gravimétrico
Capacidad de Campo (1/3 atm.)	18.72	%	MES - 026	Richards, 1944
Punto de Marchitez Permanente (15 atm)	10.14	%	MES - 029	Richards, 1944

DONDE:

% = Masa / Masa

MES = Método Propio del Laboratorio

NOTA:

1: Los resultados presentados corresponden solo a la muestra indicada.

2: Se prohíbe la reproducción parcial o total del presente informe sin la autorización del Laboratorio de Química Agrícola.

MSc. Quím. Alexis Saucedo Chacón
JEFE DEL LABORATORIO



MSc. Agr. Julio Castro Lazo
DIRECTOR DEL LABORATORIO

Promotora de Obras Sociales y de Instrucción Popular
Panamericana Sur Km. 144, San Vicente de Cañete, Lima - Perú
Teléfono: (511) 581 2261 | Celular: 991 692 563
Email: laboratorio@vallegrande.edu.pe | Web: www.vallegrande.edu.pe

Profundidad de la raíz y agotamiento de la humedad fácilmente utilizable para diferentes cultivos

CODIGO BUSQUEDA	CULTIVO	Profundidad de Raíz PR (m)			Agotamiento de la HFU
1	ALFALFA	0.90	a	1.50	0.55
2	ALGODÓN	1.00	a	1.70	0.65
3	ARVEJA	0.60	a	1.00	0.35
4	APIO	0.30	a	0.50	0.20
5	BANANA	0.50	a	0.90	0.35
6	CAMOTE	1.00	a	1.50	0.65
7	CAÑA DE AZUCAR	1.20	a	2.00	0.60
8	CAÑAMO	1.00	a	2.00	0.60
9	CEBADA	1.00	a	1.50	0.55
10	CEBOLLA	0.30	a	0.50	0.25
11	CITRICOS	1.20	a	1.50	0.50
12	COL	0.40	a	0.50	0.45
13	YA CON	0.50	a	0.60	0.50
14	ESPINACA	0.30	a	0.50	0.20
15	FRESAS	0.20	a	0.30	0.15
16	FRIJOL	0.50	a	0.70	0.45
17	FRUTALES	1.00	a	2.00	0.50
18	GIRASOL	0.80	a	1.50	0.45
19	LECHUGA	0.30	a	0.50	0.30
20	LEGUMINOSAS	0.30	a	0.60	0.20
21	LINO	1.00	a	1.50	0.50
22	MAIZ	0.50	a	0.70	0.45
23	MANI	0.50	a	1.00	0.40
24	MELON	1.00	a	1.50	0.35
25	OLIVO	1.20	a	1.70	0.65
26	GRANADILLA	1.00	a	1.50	0.65
27	PAPA	0.40	a	0.60	0.25
28	PASTOS	0.20	a	0.40	0.60
29	PAPAYITA	1.00	a	1.50	0.50
30	PIMIENTO	0.50	a	1.00	0.25
31	PIÑA	0.30	a	0.60	0.50
32	REMOLACHA	0.60	a	1.00	0.50
33	SISAL	0.50	a	1.00	0.75
34	SORGO	0.80	a	1.00	0.55
35	SOYA	0.60	a	1.30	0.50
36	TABACO	0.50	a	1.00	0.35
37	TOMATE	0.70	a	1.20	0.40
38	TREBOL	0.60	a	0.90	0.35
39	TRIGO	1.00	a	1.50	0.55
40	VID	1.00	a	2.00	0.35
41	ZANAHORIA	0.50	a	1.00	0.35
42	HABAS	0.50	a	0.70	0.45

Fuente: Sistemas Hidraulicos de Riego - C. A. Benites Castro - 2000

CARGO

**SOLICITUD: SOLICITO ACCESO A LA
INFORMACIÓN PÚBLICA**

Señor
ING. BENJAMIN SEGUNDO PINTO
ALCALDE
MUNICIPALIDAD DISTRITAL DE MARANURA

ATENCION:
SECRETARIA GENERAL

Yo Peter Carlos Mantupa con DNI N° 44012869, con domicilio pasaje Vizacarra S/N. Santa Ana, La Convención, ante usted, con el debido respeto me presento y expongo lo siguiente:

Que, conforme al Texto Único Ordenado de la Ley N°27806, Ley de Transparencia y Acceso a la información Pública, aprobado por Decreto Supremo N°021-2019-JUS y Reglamento, ***SOLICITO ACCESO a la INFORMACIÓN PÚBLICA***, respecto a la información del expediente técnico aprobado del PROYECTO: MEJORAMIENTO Y AMPLIACION DEL SISTEMA DE RIEGO EN LOS SECTORES MANDOR, ROSASPATA-BALSAPAMPA CHICO, MANAHUAÑUNCA BAJA, DISTRITO DE MARANURA - LA CONVENCION – CUSCO.

Cabe señalar que, la modalidad en la que se requiere ser atendida la presente solicitud **es a través de una copia y/ o digital del expediente técnico en mención, el cual una vez informada estaré cumpliendo con los pagos de tasa correspondiente.**

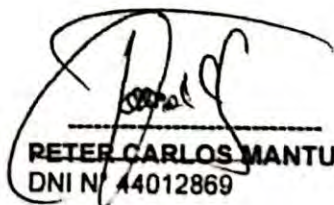
Cualquier coordinación al respecto con el CEL: 984656586 y/o correo: agropcm@gmail.com.

Sin otro particular, quedo en espera de su respuesta, esperando que la misma sea atendida dentro del plazo legal que corresponda.

Maranura, 11 de noviembre del 2024.

Atentamente,




PETER CARLOS MANTUPA
DNI N° 44012869

"AÑO DE LA UNIDAD, LA PAZ Y EL DESARROLLO"

Solicito: Información al comité de regantes "Cuenca de Mandor".

Sr. Valentín Cansaya Quispe

Presidente del comité de regantes cuenca de Mandor.

Yo, Peter Carlos Mantupa, con DNI N° 44012869, con código 133311, estudiante de la Maestría en Ingeniería Civil mención en Recursos Hídricos y Medio Ambiente - UNSAAC, ante usted con el debido respeto me presento y expongo lo siguiente:

Que, por motivo de realizar el trabajo de investigación en la Cuenca de Mandor para el trabajo de tesis intitulado: "EL SISTEMA DE RIEGO POR ASPERSIÓN Y SU RELACIÓN CON LA PRODUCCIÓN DE CÍTRICOS EN LA CUENCA DE LOS RIOS CHINCHE Y MANDOR, LA CONVENCION – CUSCO", solicito a su despacho la información del padrón de beneficiarios activos del comité de regantes de la Cuenca de Mandor.

Por lo expuesto; solicito a usted, tenga en bien acceder a mi solicitud.

Mandor, 01 de agosto del 2023,

Atentamente,


Peter Carlos Mantupa
44012869


DNI 440692707
COMITE DE USUARIOS DE AGUA MANDOR
ROSASPATA Y MARAHUAYUNCA
MARAHUAYUNCA LA CONVENCION
.....
VALENTIN CANSAYA QUISPE
DNI 440692707
PRESIDENTE

EL PRESIDENTE DEL COMITÉ DE REGANTES CUENCA DE MANDOR.**HACE CONSTAR:**

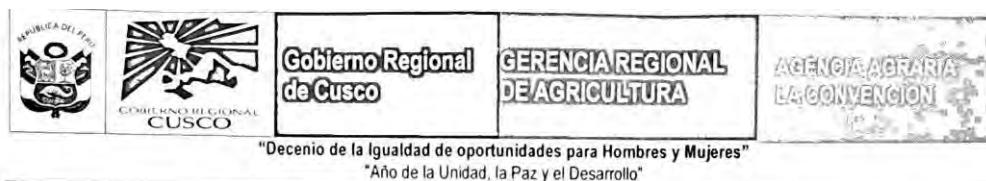
Que, Don PETER CARLOS MANTUPA, Identificado con DNI N° 44012869, realizó labores de evaluación en las parcelas instaladas con riego por aspersión, previa autorización del comité de regantes y los usuarios del proyecto, durante el año 2023 y 2024. Desempeñando y concluyendo su trabajo de investigación de acuerdo a la planificación elaborado e informado en la asamblea con los usuarios del proyecto, en fecha 24 de setiembre del 2023.

Se expide la presente constancia a solicitud del interesado para los fines que crea conveniente.

Maranura, 31 de octubre del 2024

Atentamente

COMITE DE USUARIOS DE AGUA MANDOR
ROSASPATA Y MANAHUANUNCA
MARANURA - LA CONVENCION
.....
VALENTIN CANSAYA QUISPE
DNI: 40692707
PRESIDENTE



Quillabamba 02 de octubre del 2023

CARTA N° 0168 – 2023 - GR CUSCO - GERAGRI - DAALC

SEÑOR:
PETER CARLOS MANTUPA

ASUNTO : RESPUESTA A INFORMACIÓN SOLICITADA

REF. : Exp. N° Registro 1187/2023

De mi especial consideración:

Previo un cordial saludo, tengo a bien dirigirme a usted en relación al documento de la referencia donde se solicita a esta agencia agraria información sobre la producción de cítricos en el distrito de Maranura.

Al respecto debo señalar que, habiendo revisado la información existente en la oficina de estadística e información agraria de esta agencia agraria, se tiene en el acervo la información estadística agraria del cultivo de cítricos (mandarina, naranja, lima y limón) en el distrito de Maranura, la misma que se cumple en remitir en formato físico y digital.

Sin otro en particular, me despido no sin antes expresarle mis más sentidas consideraciones de estima y aprecio personal.

Atentamente.


GOBIERNO REGIONAL CUSCO
GERENCIA REGIONAL DE AGRICULTURA
AGENCIA AGRARIA LA CONVENCION

ING. SERGIO MEZA ALARCÓN
DIRECTOR

GOBIERNO REGIONAL CUSCO
SECRETARÍA DE GOBIERNO
AGENCIA PARA LA CONSTRUCCIÓN

ING. SERGIO MEZA ALARCON
DIRECTOR

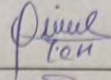
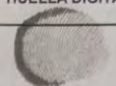
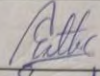
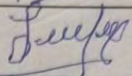
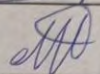
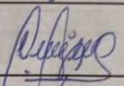
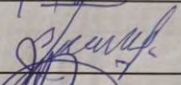
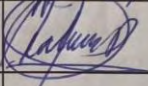
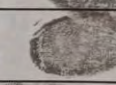
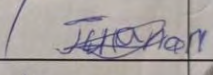
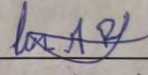
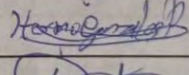
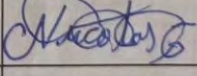
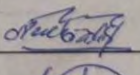
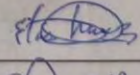
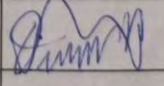
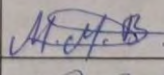
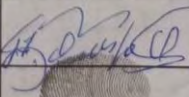
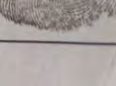
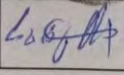
GOVERNO REGIONAL QUERO
CENTRO DE REGISTRO DE MARCA E PATENTE

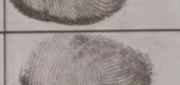
UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO DE ABAD

DEL CUSCO

ESCUELA DE POSTGRADO EN INGENIERÍA CIVIL MENCIÓN RECURSOS HÍDRICOS Y MEDIO AMBIENTE

INSTRUMENTO DE EVALUACIÓN PARA EL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN:

ITEM	NOMBRES Y APELLIDOS	DNI	SECTOR	FIRMA	HUELLA DIGITAL
1	YNES CAMERO MANTILLA	25005526	ROSASPATA		
2	SERGIO GARCIA PERALTA	24942708	ROSASPATA		
3	ESTHER CAILLAHUA AUCCAILLE	24997605	MANDOR		
4	LUIS ALBERTO GALARRETA NIHUA	24967649	MANDOR		
5	MARINA ALAGON ZUNIGA	24969542	MANDOR		
6	JOSE LUIS ORUE VERGARA	40104448	MANDOR		
7	NICOLAS VARGAS NUNES	24947816	MANDOR		
8	MARTIN CCAHUANA PUMACAHUA	24944549	ROSASPATA		
9	JUANA MENDOZA VELASQUE	80120476	MANAHUAÑUNCCA		
10	LUZ MARINA BACA LAYME	6756325	MANAHUAÑUNCCA		
11	HERMOGENES GONZALES PACHECO	24967374	MANAHUAÑUNCCA		
12	NICOLAS CASTILLO GONZALES	24969135	MANAHUAÑUNCCA		
13	NICANOR GONZALES PACHECO	24969234	MANAHUAÑUNCCA		
14	ELIAS MUÑOZ ESTOMBELO	24966108	MANAHUAÑUNCCA		
15	DAMIAN MUÑOZ MONGE	24999445	MANAHUAÑUNCCA		
16	MARCELINO MUÑOZ BARRIOS	24966145	MANAHUAÑUNCCA		
17	ANGEL QUISPE QUISPE	24954434	ROSASPATA		
18	EULOGIO GARCIA PERALTA	24969871	ROSASPATA		
19	LUIS MANTILLA USCAMAYTA	24967085	ROSASPATA		

20	ROSARIO MANTILLA USCAMAYTA	24969193	ROSASPATA	<i>Rosario</i>	
21	HERNAN MENDOZA VILLENA	24969114	MANDOR	<i>Hernan</i>	
22	MONICA AGUIRRE PAÑAGUA	10624553	MANDOR	<i>Monica</i>	
23	JOSE JUAREZ DORADO	24969163	MANDOR		
24	FERNANDO MORA ARIAS	24979195	MANDOR	<i>Fernando</i>	
25	MARIA RODRIGUEZ HUILLCA	24954964	ROSASPATA	<i>Maria</i>	
26	ISABEL HUAMANI MENDOZA	80120501	MANAHUAÑUNCCA	<i>Isabel</i>	
27	LOURDES BACA LAIME	24970688	MANAHUAÑUNCCA	<i>Loures</i>	
28	JOSE ANGEL LOPEZ CONCHA	25128893	MANDOR	<i>Jose</i>	
29	YENI TOLEDO AYALA	45356349	MANAHUAÑUNCCA	<i>Yeni</i>	
30	LUISA SAIRE HUANCA	24969482	MANDOR	<i>Luisa Saire</i>	
31	ALFREDO NIHUA CARLOS	24943564	MANDOR		
32	CIRILO CAILLAHUA MARTINES	24967127	MANDOR	<i>Cirilo</i>	
33	YOLANDA ALAGON ZUNIGA	24969392	MANDOR	<i>Yolanda</i>	
34	PAULINA CHILE MARTINEZ	24967350	MANDOR	<i>Paulina</i>	
35	MARGARITA LAURA VDA DE QUISPE	24969127	MANDOR		
36	ALEJANDRO RAMIREZ LAZO	24966005	MANDOR	<i>Alejandro</i>	
37	FAUSTINO ROQUE LIMACCA	24969936	MANDOR	<i>Faustino Roque</i>	
38	JUAN ARANIBAR SOLIS	44145629	MANDOR	<i>Juan AS</i>	
39	ALEJANDRO COSTILLAS MARURI	24942638	MANDOR	<i>Alejandro</i>	
40	MARIO HUANCA CRUZ	24968019	MANDOR	<i>Mario</i>	
41	FACUNDINA OCAMBO VARGAS	24954341	MANDOR	<i>Facunda</i>	

REGISTRO TEMPERATURA MAXIMA MENSUAL

REGISTROS COMPLETADOS
(C°)

Estacion : QUILLABAMBA Latitud : 12°50' S Departamento : Cusco
 Tipo : CP Longitud : 72°44' W Provincia : La Convención
 Altitud : 1,027.00 msnm Distrito : Santa Ana

N° REGISTRO	AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	TOTAL
1	1964	29.74	27.60	28.75	30.05	30.11	28.50	31.46	31.27	31.64	30.52	31.40	30.04	361.08
2	1965	30.77	29.38	29.41	29.50	29.23	28.85	32.79	32.10	32.89	32.69	30.54	29.67	367.82
3	1966	31.23	29.32	28.43	29.47	28.50	28.96	33.04	28.76	27.73	30.64	31.53	30.11	357.72
4	1967	31.52	29.14	30.01	30.28	30.18	28.36	31.15	29.77	30.47	31.56	30.90	30.61	363.95
5	1968	29.59	29.80	29.02	29.78	30.46	36.87	31.50	30.18	32.81	30.78	31.31	30.46	372.56
6	1969	30.24	31.67	30.21	30.37	30.51	28.88	31.32	31.51	33.40	34.96	30.72	29.62	373.41
7	1970	29.56	25.14	29.07	29.54	30.22	28.66	31.32	22.58	31.04	31.67	30.75	30.20	349.75
8	1971	30.66	28.03	30.20	29.91	30.55	29.13	32.48	31.56	32.45	31.25	30.59	30.71	367.52
9	1972	29.89	30.20	30.10	29.84	30.52	37.77	31.17	30.56	32.25	30.63	30.60	30.63	374.16
10	1973	29.89	29.06	30.15	30.26	30.67	28.68	30.97	30.28	31.26	30.54	30.63	28.30	360.69
11	1974	29.17	25.34	30.03	30.06	28.91	29.09	30.99	30.39	32.62	30.59	30.72	30.65	358.56
12	1975	30.55	29.53	29.69	29.90	29.51	28.83	31.80	30.17	28.52	30.55	30.62	30.26	359.93
13	1976	29.42	28.27	30.19	30.17	29.06	28.64	30.03	30.52	27.81	30.66	30.54	30.57	355.88
14	1977	30.36	28.72	29.80	30.24	30.04	29.55	30.34	30.16	32.42	30.22	30.60	30.46	362.91
15	1978	30.73	28.47	29.94	29.17	29.61	28.67	30.82	29.06	32.82	31.90	30.59	30.08	361.86
16	1979	30.67	29.00	26.31	30.20	26.79	28.65	29.98	31.10	30.85	30.36	30.98	29.99	354.88
17	1980	30.69	30.28	29.26	28.70	30.62	28.49	29.32	30.98	31.99	30.93	32.31	29.01	362.58
18	1981	30.03	26.98	29.10	30.37	26.05	28.69	29.75	30.25	32.42	30.74	30.81	30.55	355.74
19	1982	30.16	29.62	30.19	30.28	30.64	33.63	29.57	32.10	33.37	33.74	30.78	29.18	373.26
20	1983	29.57	29.96	29.82	29.99	30.52	30.84	31.35	32.09	30.13	30.47	30.87	30.38	365.99
21	1984	30.37	29.24	30.00	30.20	30.54	28.48	30.29	31.90	31.22	30.32	30.58	29.26	362.40
22	1985	29.12	28.84	29.49	30.22	29.45	28.37	31.89	30.17	32.07	30.19	31.23	29.91	360.95
23	1986	29.24	25.40	25.59	30.00	30.21	29.44	28.34	31.31	32.21	30.65	30.54	30.47	353.40
24	1987	30.52	32.30	28.57	30.04	29.52	28.47	28.04	30.97	28.76	30.66	30.54	29.30	357.69
25	1988	30.10	25.68	27.48	30.23	29.76	29.14	24.85	31.98	30.26	31.11	30.59	30.55	351.73
26	1989	30.05	26.49	25.61	30.15	25.14	29.91	30.47	31.04	31.06	30.95	30.86	30.53	352.26
27	1990	30.62	30.52	28.87	30.05	25.44	29.86	30.34	31.47	31.13	30.71	30.54	29.43	358.98
28	1991	28.52	30.63	29.61	29.49	30.04	28.50	30.68	30.98	33.05	32.74	30.55	30.64	365.43
29	1992	30.60	31.38	29.86	30.28	30.66	29.09	29.74	31.46	31.88	30.80	33.95	30.43	370.13
30	1993	28.64	26.59	29.75	30.02	29.05	29.55	30.64	32.09	31.56	30.89	30.62	30.53	359.93
31	1994	28.24	28.69	30.19	30.33	30.22	30.31	29.94	31.36	31.45	30.49	33.03	30.49	364.74
32	1995	29.17	26.22	29.59	29.67	30.63	29.38	30.36	32.06	30.98	31.33	30.54	29.09	359.02
33	1996	29.95	31.09	29.91	30.36	29.58	28.47	30.79	32.10	29.89	30.95	30.62	30.61	364.32
34	1997	29.01	24.61	28.90	30.38	30.23	30.65	27.70	31.21	25.16	30.67	31.98	30.48	350.98
35	1998	31.04	26.82	29.96	30.38	30.60	33.78	29.58	31.58	30.89	30.64	30.75	29.70	365.72
36	1999	28.27	25.49	29.96	30.22	30.67	39.50	29.45	31.09	31.90	31.04	31.38	30.40	369.37
37	2000	28.50	28.00	27.60	29.50	30.40	28.40	29.30	30.90	31.60	31.30	31.90	30.10	357.50
38	2001	27.80	28.30	28.80	29.60	29.00	28.70	29.20	31.00	31.60	30.80	30.40	31.20	356.40
39	2002	31.00	28.50	28.60	29.80	30.60	29.30	28.90	30.60	30.10	31.20	29.80	29.00	357.40
40	2003	28.60	29.20	28.60	28.50	29.10	29.90	30.10	29.60	30.80	32.20	32.60	29.00	358.20
41	2004	29.50	29.20	30.30	31.00	28.90	28.90	26.90	29.30	30.00	30.20	30.40	31.50	356.10
42	2005	31.40	30.10	30.10	29.80	31.30	31.30	30.30	31.30	30.40	32.30	32.70	29.60	370.60
43	2006	30.30	30.80	29.80	30.50	30.30	29.60	31.40	31.90	32.70	32.10	29.90	28.70	368.00
44	2007	29.70	29.60	29.50	29.80	28.70	30.70	30.30	32.06	31.60	32.00	30.30	30.20	364.46
45	2008	28.80	30.00	30.00	30.30	31.00	30.80	31.30	32.20	32.60	31.50	31.60	30.50	370.60
46	2009	29.99	30.80	30.70	30.90	31.50	31.80	31.40	33.70	33.60	33.90	32.20	29.80	380.29
47	2010	30.30	31.30	31.60	31.40	31.40	31.90	32.10	33.50	33.10	33.20	31.30	30.50	381.60
48	2011	30.00	28.90	29.90	30.10	30.40	31.40	30.70	31.50	32.40	31.00	31.60	30.50	368.40
49	2012	30.33	30.99	30.21	30.22	30.60	28.86	30.91	32.10	32.80	33.21	30.90	27.51	368.64
50	2013	30.44	28.46	28.26	30.26	29.67	28.77	30.13	32.10	33.21	31.04	30.55	30.02	362.91
51	2014	28.14	30.42	30.19	30.38	30.67	31.28	29.80	31.71	32.00	30.69	30.54	28.26	364.08
52	2015	29.17	24.12	26.59	29.82	27.85	28.71	28.14	32.08	30.55	31.46	30.61	30.11	349.21
53	2016	29.95	29.80	30.21	30.34	30.64	29.45	31.35	31.92	29.61	30.68	31.39	30.35	365.69
54	2017	30.24	31.57	30.21	30.32	30.57	31.96	31.21	31.81	29.47	30.55	31.86	30.31	370.08
55	2018	30.32	28.31	25.25	27.87	30.33	28.98	28.08	31.04	32.55	31.39	30.71	30.71	355.54
56	2019	30.95	27.52	29.75	30.37	30.67	29.84	31.79	30.99	31.39	30.75	30.68	30.53	365.23
57	2020	31.01	29.05	29.34	28.95	30.51	30.01	27.91	31.54	30.12	31.91	32.58	29.17	362.10
N° Datos		57	57	57	57	57	57	57	57	57	57	57	57	57
Media		29.90	28.78	29.27	30.00	29.80	30.06	30.27	31.07	31.31	31.28	31.06	30.02	362.81
Desv. Estandar		0.88	1.93	1.30	0.57	1.33	2.29	1.49	1.49	1.01	1.01	0.80	0.76	7.18
Coef. Variacion		2.96	6.70	4.43	1.90	4.47	7.63	4.92	4.80	5.13	3.23	2.58	2.52	1.98
TM. Max.		31.52	32.30	31.60	31.40	31.50	39.50	33.04	33.70	33.60	34.96	33.95	31.50	381.60
TM. Min.		27.80	24.12	25.25	27.87	25.14	28.36	24.85	22.58	25.16	30.19	29.80	27.51	349.21

FUENTE: SENAMHI

DATE & HOUR OF PROCESS

21/12/2021 19:31

REGISTRO TEMPERATURA MINIMA MENSUAL REGISTROS COMPLETADOS (°C)

Estacion : **QUILLABAMBA** Latitud : 12°50' S Departamento : Cusco
 Tipo : CP Longitud : 72°44' W Provincia : La Convención
 Altitud : 1,027.00 msnm Distrito : Santa Ana

N° REGIS TRO	AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	TOTAL
1	1964	20.27	18.52	19.37	19.23	18.98	18.84	17.93	18.71	19.20	18.91	20.58	19.37	229.91
2	1965	18.77	18.78	19.56	18.61	18.43	18.21	18.06	18.61	16.31	19.66	19.00	19.45	223.45
3	1966	18.36	19.31	19.53	19.62	18.66	17.22	19.66	16.43	18.93	18.91	20.67	21.12	228.42
4	1967	19.60	18.76	19.48	19.67	17.87	17.16	17.15	18.56	19.28	18.92	20.37	20.06	226.88
5	1968	19.43	19.24	19.51	18.70	19.10	19.91	17.52	14.45	18.98	18.91	20.21	19.39	225.35
6	1969	18.82	20.11	19.68	19.74	19.12	17.16	17.23	18.64	19.44	18.98	19.56	19.37	227.85
7	1970	17.83	18.80	18.92	18.85	18.73	17.82	17.94	14.29	18.39	19.69	20.67	20.28	222.21
8	1971	18.97	18.50	19.50	19.19	18.88	17.55	18.78	19.24	19.26	19.20	20.63	19.52	229.22
9	1972	18.14	19.31	19.35	18.87	18.50	17.54	17.68	16.41	18.64	19.25	17.63	19.73	221.05
10	1973	18.98	18.82	19.61	19.19	19.12	17.24	18.20	15.97	19.30	18.95	17.76	19.45	222.59
11	1974	17.88	19.31	19.69	19.68	18.43	17.18	17.80	15.56	19.27	19.10	20.22	19.39	223.51
12	1975	19.14	18.49	19.62	19.55	19.02	17.34	18.38	17.65	17.36	19.42	18.43	19.42	223.82
13	1976	19.01	18.60	19.61	19.28	18.95	17.42	17.03	18.27	16.05	19.19	20.23	19.93	223.57
14	1977	19.00	18.46	19.60	19.53	18.48	17.78	18.23	15.31	18.70	18.91	17.79	19.89	221.68
15	1978	19.76	18.73	19.38	19.21	18.12	17.46	16.64	17.77	19.14	18.93	19.13	19.37	223.64
16	1979	18.93	19.76	16.97	19.50	18.90	17.70	16.95	19.04	19.37	18.91	19.81	19.37	225.21
17	1980	18.33	18.35	19.14	18.53	19.04	18.81	16.13	15.89	17.54	18.91	20.09	20.16	220.92
18	1981	18.10	18.33	18.93	19.82	18.37	17.36	13.49	17.43	19.05	20.18	20.07	19.37	220.50
19	1982	18.57	18.66	19.30	19.75	19.02	17.26	15.87	19.23	19.23	19.06	19.03	19.58	224.56
20	1983	19.98	20.22	19.20	19.56	18.47	18.04	16.92	18.46	18.54	18.91	20.67	19.57	223.51
21	1984	18.48	18.43	19.41	19.09	19.12	17.17	16.80	19.42	19.12	19.55	20.24	19.93	226.76
22	1985	19.54	19.57	19.14	19.71	19.00	17.47	18.03	14.08	18.16	19.04	18.68	19.46	221.88
23	1986	17.62	18.36	19.22	19.65	18.45	18.77	13.92	17.91	19.33	18.96	18.31	19.38	219.88
24	1987	19.83	18.47	18.92	18.75	19.06	17.17	15.32	17.00	16.83	20.01	20.62	20.25	222.23
25	1988	18.29	18.44	19.38	19.61	18.71	17.78	14.43	18.06	16.29	19.69	19.34	19.37	219.39
26	1989	17.64	18.34	19.27	19.61	18.70	17.54	16.83	17.82	18.99	18.93	19.75	19.86	223.28
27	1990	20.58	18.83	17.73	19.08	17.97	17.16	18.75	18.61	15.41	19.34	20.58	21.01	225.05
28	1991	19.29	19.54	19.59	18.73	19.06	17.16	17.93	15.49	18.89	19.03	20.63	19.84	225.18
29	1992	19.24	18.38	19.19	19.37	19.12	17.80	15.67	16.33	17.18	18.93	20.69	19.43	221.33
30	1993	19.72	19.19	19.67	19.55	17.97	17.21	16.96	18.95	18.03	18.92	19.00	19.53	224.70
31	1994	18.09	19.16	19.68	19.67	18.99	17.57	16.23	17.46	18.35	20.98	19.93	19.74	225.85
32	1995	20.22	18.62	19.67	19.46	17.40	17.85	16.16	18.42	18.97	19.21	18.88	19.88	224.74
33	1996	19.38	18.67	19.63	19.85	19.02	17.16	17.61	18.17	19.03	19.02	20.12	19.49	227.15
34	1997	19.47	18.59	18.03	19.84	19.12	17.19	17.09	18.04	14.59	20.12	20.46	19.83	222.37
35	1998	18.88	20.29	19.48	19.82	19.12	17.38	14.88	18.57	18.15	19.60	19.92	19.90	225.99
36	1999	18.04	19.33	19.68	19.28	19.12	19.43	16.09	19.03	18.37	18.91	20.28	19.47	227.03
37	2000	19.20	19.10	18.70	19.60	19.40	17.30	16.40	18.00	19.60	18.70	20.80	19.80	226.60
38	2001	18.60	19.10	19.00	19.10	18.90	17.70	17.40	17.30	18.50	19.30	20.20	19.80	224.90
39	2002	19.20	19.30	19.00	19.30	18.30	18.30	16.50	17.20	18.00	19.40	19.30	19.90	223.70
40	2003	19.40	19.40	19.00	18.60	18.60	18.70	17.30	18.00	17.40	19.50	20.30	19.50	225.70
41	2004	20.00	19.60	20.50	20.00	18.30	16.40	15.50	14.90	16.90	19.30	20.00	20.60	222.00
42	2005	21.30	20.00	20.10	19.00	19.50	19.10	16.90	18.10	18.10	19.60	20.50	20.20	232.40
43	2006	20.00	20.60	19.30	20.00	17.60	17.80	15.70	18.60	19.20	20.30	19.60	19.90	228.60
44	2007	19.50	19.70	19.40	19.00	18.40	17.10	17.00	19.01	17.40	18.50	19.80	19.20	224.01
45	2008	19.60	19.70	18.40	18.40	18.30	17.40	18.20	19.70	19.50	19.10	19.70	19.20	227.20
46	2009	17.63	19.20	19.50	19.80	18.80	18.30	17.90	19.50	19.50	20.90	22.10	20.90	234.03
47	2010	20.00	20.60	20.30	20.70	19.20	18.20	18.60	18.30	19.20	19.00	19.50	19.30	232.90
48	2011	19.70	18.80	19.10	18.90	19.10	17.40	18.20	18.20	18.70	19.70	20.20	20.00	228.00
49	2012	20.01	18.49	19.65	19.30	19.12	17.28	17.17	18.77	18.84	19.22	19.42	19.55	226.82
50	2013	20.02	18.91	18.94	19.56	19.05	17.29	18.44	19.40	19.27	18.95	20.69	20.37	230.89
51	2014	18.69	19.93	19.48	19.84	19.12	18.95	17.68	18.24	18.60	19.28	17.54	19.37	226.72
52	2015	17.48	18.32	18.64	19.57	19.11	17.16	16.12	16.95	19.56	18.98	19.22	19.40	220.51
53	2016	19.40	19.83	19.29	19.40	19.00	18.98	17.47	19.32	16.78	20.28	20.26	20.39	230.40
54	2017	20.09	19.40	19.55	19.83	18.85	17.20	16.70	19.35	18.79	18.91	20.48	19.49	228.64
55	2018	19.05	18.35	18.76	18.07	17.58	17.19	17.11	17.15	19.11	19.03	20.63	19.40	221.43
56	2019	19.41	19.14	19.47	19.86	17.97	17.94	18.05	18.45	18.98	20.00	19.58	19.95	228.80
57	2020	19.90	18.79	18.52	17.30	18.95	17.74	15.66	17.02	18.42	18.98	19.21	19.42	219.91
N° Datos	57	57	57	57	57	57	57	57	57	57	57	57	57	57
Media	19.13	19.08	19.27	19.34	18.72	17.72	17.02	17.73	17.73	18.39	19.30	19.81	19.75	225.26
Desv. Estandar	0.83	0.62	0.57	0.55	0.48	0.69	1.23	1.42	1.12	0.52	0.91	0.45	0.45	3.46
Coef. Variacion	4.35	3.25	2.94	2.84	2.54	3.90	7.21	8.00	6.10	2.68	4.57	2.26	2.26	1.54
Tm. Max.	21.30	20.60	20.50	20.70	19.50	19.91	19.66	19.70	19.60	20.98	22.10	21.12	234.03	
Tm. Min.	17.48	18.32	16.97	17.30	17.40	16.40	13.49	14.08	14.59	18.50	17.54	19.20	219.39	

FUENTE: SENAMHI

DATE & HOUR OF PROCESS: 2/11/2021 10:31

REGISTRO HORAS Y DECIMAS DEL SOL MENSUAL

REGISTROS COMPLETADOS
(horas)

Estacion : QUILLABAMBA Latitud : 12°50' S Departamento : Cusco
 Tipo : CP Longitud : 72°44' W Provincia : La Comención
 Altitud : 1,027.00 msnm Distrito : Santa Ana

		31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31	
N° REGIS	AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	TOTAL
1	1964	4.16	4.62	4.53	5.35	5.73	5.61	7.30	5.85	5.95	2.64	4.51	3.42	59.66
2	1965	4.26	3.57	3.90	4.88	5.76	5.96	7.27	5.55	3.97	5.06	3.35	3.33	56.86
3	1966	3.69	3.39	4.84	4.74	5.30	7.16	6.13	5.26	5.41	4.49	4.97	2.85	58.23
4	1967	3.34	4.00	3.67	5.02	5.67	7.09	5.97	5.90	6.22	4.57	4.84	4.48	60.67
5	1968	3.73	3.64	4.15	5.24	7.26	6.59	6.15	5.01	5.58	3.25	3.95	4.33	59.00
6	1969	3.93	3.17	3.25	5.56	6.21	5.53	6.70	6.33	5.56	5.60	4.58	4.16	60.58
7	1970	4.05	4.08	3.50	4.98	6.26	6.10	6.93	7.13	5.12	5.24	5.82	3.32	62.52
8	1971	4.05	3.44	4.86	5.31	6.28	5.93	6.83	6.23	6.25	4.44	4.72	4.20	62.54
9	1972	3.36	3.98	4.19	5.17	5.98	6.41	6.76	5.39	4.99	4.60	3.58	4.06	58.48
10	1973	3.61	3.44	3.29	6.14	6.59	6.33	5.44	5.87	5.48	3.52	3.01	3.03	55.76
11	1974	2.26	2.53	4.42	4.50	6.51	6.25	6.17	4.51	5.25	4.37	4.74	3.34	54.86
12	1975	4.24	2.99	3.27	5.40	4.95	5.34	7.26	6.00	3.85	5.34	3.54	3.15	55.31
13	1976	3.71	4.56	4.53	5.21	4.88	5.47	6.62	5.12	3.42	5.83	4.93	3.82	58.10
14	1977	3.22	3.07	3.52	5.38	6.04	7.59	5.72	4.97	4.93	4.07	3.35	4.09	55.95
15	1978	3.52	3.47	4.53	4.98	5.03	5.87	5.81	6.58	4.72	5.33	4.27	3.77	57.88
16	1979	2.97	3.83	4.40	5.16	6.65	5.44	5.54	6.27	5.71	4.57	4.32	4.02	58.87
17	1980	3.99	4.41	3.60	4.69	5.85	5.47	4.68	5.99	4.22	2.54	4.05	3.67	53.15
18	1981	4.83	4.47	3.79	4.92	6.14	4.82	6.46	6.04	5.01	5.63	5.01	4.14	61.26
19	1982	3.75	3.81	3.73	4.64	5.96	6.60	5.56	6.46	5.02	4.73	4.08	3.87	58.22
20	1983	3.43	3.75	4.32	5.35	6.70	6.02	6.38	5.45	4.80	3.08	5.04	3.25	57.57
21	1984	4.51	4.10	3.96	5.83	5.90	5.62	5.90	6.00	5.41	4.46	4.52	3.01	59.22
22	1985	3.68	2.11	3.82	4.93	5.75	5.22	6.03	4.42	4.31	4.75	3.72	3.59	52.32
23	1986	4.21	3.14	3.70	4.96	6.88	5.00	6.08	6.25	5.30	3.67	3.47	3.91	56.55
24	1987	4.47	2.91	3.75	5.61	5.92	6.25	5.87	6.25	3.61	5.48	5.00	3.10	58.23
25	1988	4.27	3.28	3.96	4.16	6.04	4.87	5.65	6.30	3.51	5.70	4.69	3.74	56.16
26	1989	4.07	4.34	4.45	4.68	4.97	5.26	5.37	5.99	5.72	3.57	5.02	4.15	57.61
27	1990	4.39	5.77	5.67	5.02	5.72	4.80	6.23	6.14	3.31	4.01	4.07	3.46	58.57
28	1991	3.43	3.09	3.61	5.34	5.47	5.92	5.28	5.17	4.86	4.94	5.73	4.90	57.74
29	1992	3.68	3.54	3.63	5.69	6.36	6.48	6.61	5.55	3.50	4.48	5.61	3.46	58.60
30	1993	2.52	2.92	4.48	4.66	5.66	5.98	5.29	6.69	5.11	3.62	3.77	3.66	54.36
31	1994	2.27	2.98	4.34	5.27	5.69	5.39	5.64	5.99	4.69	5.88	4.97	3.65	56.74
32	1995	3.08	2.95	3.23	5.07	5.61	6.47	6.74	5.65	5.52	5.12	4.22	3.47	57.15
33	1996	3.69	2.97	3.37	4.99	4.55	6.29	6.02	5.74	5.62	4.92	4.74	4.15	57.05
34	1997	3.40	4.39	4.44	5.02	5.68	6.95	7.37	5.62	3.27	5.46	5.24	4.42	61.26
35	1998	4.99	2.33	3.46	5.85	6.68	5.05	6.36	6.56	5.93	4.73	4.69	3.39	60.04
36	1999	3.86	3.77	4.30	4.93	4.57	5.79	5.88	6.89	4.48	4.72	4.91	3.42	57.53
37	2000	3.08	3.40	3.78	5.55	6.21	5.15	5.26	5.88	5.88	4.47	6.35	3.15	58.17
38	2001	2.68	3.34	3.89	5.06	4.48	5.09	5.46	6.35	5.27	5.48	4.25	4.24	55.58
39	2002	4.00	3.13	3.17	5.18	6.22	5.24	4.56	5.93	4.34	5.46	4.52	3.73	55.47
40	2003	3.56	4.51	3.48	5.29	6.06	5.69	6.44	5.62	5.56	5.88	5.71	2.45	60.26
41	2004	3.75	4.23	3.76	5.44	5.76	5.43	4.88	5.28	4.11	4.57	4.76	4.57	56.54
42	2005	4.08	4.38	4.25	4.97	6.72	6.35	5.46	6.57	4.49	4.83	4.75	2.94	59.80
43	2006	3.96	2.36	3.93	4.60	6.77	4.83	6.69	5.78	5.33	5.02	3.82	3.06	56.15
44	2007	4.19	2.56	4.49	4.52	5.46	6.26	5.34	6.60	4.09	3.25	3.86	3.27	53.89
45	2008	4.42	3.37	3.35	6.04	6.86	5.52	5.59	6.52	5.57	4.41	4.58	4.30	60.51
46	2009	3.75	3.51	3.45	6.09	7.24	5.64	6.14	6.11	5.60	5.28	7.00	4.12	63.93
47	2010	3.19	3.81	3.36	4.55	6.15	7.24	7.34	5.48	5.26	2.92	3.52	2.76	55.58
48	2011	4.06	2.77	3.68	4.88	6.08	6.77	5.31	5.68	4.69	5.26	4.61	3.48	57.26
49	2012	4.59	3.67	3.24	5.91	6.51	6.21	6.48	4.68	5.83	5.31	4.19	2.52	59.15
50	2013	4.24	4.33	3.63	5.18	6.03	5.41	5.40	6.16	5.27	3.98	5.43	3.15	58.20
51	2014	2.99	2.65	3.81	5.54	7.14	5.53	4.36	6.00	4.53	5.33	3.50	2.41	53.78
52	2015	3.78	3.19	3.53	4.71	4.36	5.65	5.22	5.14	5.96	3.79	3.58	3.09	52.00
53	2016	3.87	2.41	3.62	5.66	6.34	6.30	7.09	6.06	4.80	5.89	5.26	3.23	60.52
54	2017	3.50	2.30	2.98	5.42	5.96	5.76	6.82	6.54	5.09	4.79	4.90	4.17	58.23
55	2018	4.05	3.82	4.58	4.28	5.97	5.77	4.20	5.65	5.20	4.70	5.34	4.49	58.07
56	2019	3.71	2.42	3.25	4.88	6.73	6.34	6.04	7.51	5.50	4.47	3.93	4.10	58.88
57	2020	3.98	4.02	4.30	5.32	6.05	5.17	4.93	6.53	4.39	4.44	4.45	3.25	56.85
N° Datos		57	57	57	57	57	57	57	57	57	57	57	57	57
Media		3.76	3.49	3.90	5.15	5.97	5.86	5.98	5.92	4.95	4.63	4.55	3.62	57.78
Desv. Estandar		0.57	0.73	0.53	0.44	0.68	0.66	0.78	0.62	0.77	0.84	0.79	0.57	2.48
Coef. Variacion		15.26	20.99	13.62	8.61	11.38	11.25	12.98	10.44	15.62	18.25	17.32	15.74	4.30
Hs. Max.		4.99	5.77	5.67	6.14	7.26	7.59	7.37	7.51	6.25	5.89	7.00	4.90	63.93
Hs. Min.		2.26	2.11	2.98	4.16	4.36	4.80	4.20	4.42	3.27	2.54	3.01	2.41	52.00

FUENTE : SENAMHI

DATE & HOUR OF PROCESS : 2/11/2021 19:31