

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO

FACULTAD DE AGRONOMÍA Y ZOOTECNIA

ESCUELA PROFESIONAL DE AGRONOMÍA



TESIS

EFFECTO DE DOS FRECUENCIAS DE RIEGO POR GOTEO EN EL RENDIMIENTO Y VOLUMEN DE AGUA APLICADO EN EL CULTIVO DE FRIJOL (*PHASEOLUS VULGARIS* L.) EN EL CENTRO DE INVESTIGACIÓN Y EXTENSIÓN EN RIEGO – CIER - NETAFIM, LA MOLINA, LIMA.

PRESENTADA POR:

Br. Omayra Lizbeth Huanca Bustamante

PARA OPTAR AL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO AGRÓNOMO.

ASESOR:

Dr. Carlos Jesús Baca García

CUSCO – PERÚ

2026



Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco

INFORME DE SIMILITUD

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

El que suscribe, el **Asesor** Carlos Jesús Baca García.....
..... quien aplica el software de detección de similitud al
trabajo de investigación/tesis titulada: Efecto de dos frecuencias de riego
por gotas en el rendimiento y volumen de agua aplicado en el
cultivo de frijol (Phaseolus vulgaris L.) en el Centro de investigación
y extensión en riego - CIER NETAFIM, La Molina; Lima

Presentado por: Omaira Lizbeth Huanca Bustamante..... DNI N° 43411634.....;
presentado por: DNI N°:
Para optar el título Profesional/Grado Académico de Ingeniero Agrónomo.....

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 10.....%.

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

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

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

Cusco, 13 de mayo..... de 2026.....


.....
Firma

Post firma Carlos Jesús Baca García.....

Nro. de DNI 23952035.....

ORCID del Asesor 0000 0002 8284 0614.....

Se adjunta:

- Reporte generado por el Sistema Antiplagio.
- Enlace del Reporte Generado por el Sistema de Detección de Similitud: **oid:** 27259:590235132.....

OMAYRA LIZBETH HUANCA BUSTAMANTE

Efecto de dos frecuencias de riego por goteo en el rendimiento y volumen de agua aplicado en el cultivo de frijol, en el CIER -...

 Universidad Nacional San Antonio Abad del Cusco

Detalles del documento

Identificador de la entrega

trn:oid:::27259:590235132

Fecha de entrega

13 may 2026, 10:50 a.m. GMT-5

Fecha de descarga

13 may 2026, 11:01 a.m. GMT-5

Nombre del archivo

Efecto de dos frecuencias de riego por goteo en el rendimiento y volumen de agua aplicado en el....pdf

Tamaño del archivo

14.3 MB

156 páginas

25.522 palabras

132.778 caracteres




10% Similitud general

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

Filtrado desde el informe



- Coincidencias menores (menos de 25 palabras)

Fuentes principales

- 8%  Fuentes de Internet
- 1%  Publicaciones
- 5%  Trabajos entregados (trabajos del estudiante)

Marcas de integridad

N.º de alertas de integridad para revisión

-  **Caracteres reemplazados**
47 caracteres sospechosos en N.º de páginas
Las letras son intercambiadas por caracteres similares de otro alfabeto.
-  **Texto oculto**
32 caracteres sospechosos en N.º de página
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.

DEDICATORIA

A Dios padre celestial, por permitirme cumplir mis sueños y metas, por estar siempre a mi lado, por darme vida, salud y fortaleza.

A mis Padres, Alejandro Huanca Quenaya y Libia Bustamante Olivera, por darme la vida, por ser mi ejemplo de constancia, dedicación, fortaleza y perseverancia.

A mi hermana, mi hermanito y mis sobrinitos, agradecerles por ser parte de mi vida, quiero recordarles que cada uno tiene su propio reloj, que los sueños están para cumplirse y que los pasos pequeños también llevan a grandes metas.

A los amores de mi vida, mis hijos Haziél y Dhanna, por ser mi motor y motivo para seguir adelante y la razón de mi alegría. Ustedes son mis grandes maestros de vida y mi mayor fuente de inspiración, cada uno de mis logros va dedicado a ustedes, agradecerles por su paciencia, su comprensión, su cariño y amor sincero, son el mejor regalo que la vida me ha dado, le pido a Dios les siga permitiendo cumplir todos sus sueños y metas, y recuerden que mamá siempre estará a su lado, tomándolos de la mano y celebrando cada uno de sus triunfos.

A Wilber, por su apoyo y aliento en la consecución de esta meta, por sus valiosos aportes y sugerencias, por ser un ejemplo de constancia, dedicación y responsabilidad, por ser partícipe de este proyecto.

A todos mis amigos(as) que siempre me brindaron sus sabios consejos, sus mejores deseos, con profunda gratitud y aprecio quiero que sepan que han sido pieza clave en este largo proceso. Su presencia ha sido un faro de luz en mi vida.

AGRADECIMIENTOS

A Dios, por permitirme concluir con esta meta personal, sus tiempos son perfectos, por brindarme conocimiento, sabiduría y entendimiento.

A mis padres Alejandro Huanca Quenaya y Libia Bustamante Olivera, por ser mi mayor soporte intelectual, emocional siendo incondicionales, brindándome siempre sus consejos y mejores deseos en todo momento, que Dios siempre los bendiga y les de muchos años más a mi lado.

A la Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco y a la Facultad de Agronomía y Zootecnia, Escuela Profesional de Agronomía por acogerme como estudiante y brindarme las condiciones necesarias para mi formación y desarrollo profesional.

A mi asesor, Dr. Carlos Jesús Baca García, por sus conocimientos compartidos, su persistencia, su paciencia, motivación y liderazgo para poder lograr este trabajo de investigación.

A la Universidad Nacional Agraria La Molina, Facultad de Ingeniería Agrícola, al Programa de Maestría en riego y drenaje y al Centro de Investigación y Extensión en Riego (CIER) por brindarme las parcelas necesarias para llevar a cabo la ejecución de la tesis, extender mi agradecimiento a las Empresas NETAFIM y ADAMA por el financiamiento con los que respecta a accesorios de riego e insumos para fertilización y por la capacitación en la parte técnica a ambas empresas.

A todos los docentes de la Facultad de Agronomía y Zootecnia, en especial a los docentes de la Escuela Profesional de Agronomía por los valiosos conocimientos que me impartieron y por su orientación a lo largo de mi formación académica y profesional.

A mis compañeros de la Facultad por todas las recomendaciones y sugerencias que han ayudado en la mejora del trabajo.

Eternamente agradecida...

INDICE

| | | |
|--------|---|----|
| I. | PROBLEMA OBJETO DE INVESTIGACIÓN..... | 1 |
| 1.1 | Identificación del problema objeto de investigación | 1 |
| 1.2 | Formulación del problema..... | 3 |
| II. | OBJETIVOS | 4 |
| 2.1 | Objetivos..... | 4 |
| 2.1.1. | Objetivo general | 4 |
| 2.1.2. | Objetivos específicos..... | 4 |
| 2.2 | Justificación | 5 |
| III. | HIPOTESIS..... | 7 |
| 3.1 | Hipótesis general | 7 |
| 3.2 | Hipótesis específicas | 7 |
| IV. | MARCO TEORICO | 8 |
| 4.1 | Antecedentes de la investigación..... | 8 |
| 4.1.1 | Investigaciones internacionales | 8 |
| 4.1.2 | Investigaciones nacionales..... | 8 |
| 4.1.3 | Investigaciones locales..... | 9 |
| 4.2 | Bases teóricas | 10 |
| 4.2.1 | Origen del frijol | 10 |
| 4.2.2 | Generalidades del cultivo | 10 |
| 4.3 | Taxonomía y botánica..... | 11 |
| 4.3.1 | Taxonomía | 11 |
| 4.3.2 | Botánica | 12 |
| 4.3.3 | Fenología del frijol | 21 |
| 4.3.4 | Fisiología..... | 24 |
| 4.3.5 | Variedades de frijol y épocas de siembra en el Perú | 24 |
| 4.3.6 | Frijol Canario centenario | 25 |
| 4.3.7 | Requerimientos edafoclimáticos | 26 |
| 4.4 | Rendimiento y sus componentes | 29 |
| 4.5 | Plagas y enfermedades | 30 |
| 4.6 | Riego | 31 |
| 4.6.1 | Objetivos del riego..... | 32 |

| | | |
|--------|---|--------------------------------------|
| 4.7 | Riego por goteo | 33 |
| 4.7.1 | Componentes de un sistema de riego por goteo | 34 |
| 4.8 | Finalidades del riego | 35 |
| 4.8.1 | Riego para preparar la tierra..... | 35 |
| 4.8.2 | Riego para asegurar la producción..... | 35 |
| 4.8.3 | Riego para mejorar la calidad del suelo..... | 35 |
| 4.8.4 | Manejo de suelos para mantener la humedad | 36 |
| 4.8.5 | Definición y propósitos de un sistema de riego..... | 36 |
| 4.9 | Fertirriego | 36 |
| 4.10 | Diseño agronómico para riego por goteo | 37 |
| 4.10.1 | Evaporación | 37 |
| 4.10.2 | Transpiración | 38 |
| 4.10.3 | Evapotranspiración | 38 |
| 4.10.4 | Cálculo de láminas de riego | 40 |
| 4.10.5 | Tiempo de riego | 42 |
| 4.10.6 | Frecuencia de riego | 42 |
| 4.11 | Sustrato | 43 |
| 4.11.1 | Sustratos orgánicos | 43 |
| 4.12 | Definición de términos | 44 |
| V. | DISEÑO DE INVESTIGACIÓN..... | 45 |
| 5.1 | Tipo de investigación | 45 |
| 5.2 | Ubicación espacial de la investigación | 45 |
| 5.2.1 | Ubicación espacial | 45 |
| 5.3 | Ubicación temporal | 46 |
| 5.4 | Materiales y método..... | 46 |
| 5.4.1 | Material biológico | 47 |
| 5.4.2 | Insumos agrícolas | 47 |
| 5.4.3 | Materiales de campo | 47 |
| 5.4.4 | Materiales de gabinete | ¡Error! Marcador no definido. |
| 5.4.5 | Materiales para el riego | 48 |
| 5.4.6 | Insumos para fertilización | 49 |
| 5.5 | Metodología | 49 |
| 5.5.1 | Tratamientos: | 49 |

| | | |
|---------|---|-----|
| 5.5.1.1 | Variables a evaluar | 49 |
| 5.5.2 | Características del campo experimental | 51 |
| 5.5.3 | Identificación de los recursos | 53 |
| 5.6 | Descripción de actividades | 55 |
| 5.6.1 | Análisis de suelo y agua..... | 55 |
| 5.6.2 | Instalación del sistema de riego por goteo..... | 65 |
| 5.6.3 | Coeficiente de Uniformidad | 66 |
| 5.6.4 | Adquisición de semillas de frijol | 67 |
| 5.6.5 | Siembra | 67 |
| 5.6.6 | Resiembra..... | 68 |
| 5.6.7 | Demanda hídrica del cultivo de frijol | 68 |
| 5.6.7.1 | Riego | 68 |
| 5.6.7.2 | Demanda hídrica | 69 |
| 5.6.7.3 | Cálculo de coeficiente de cultivo (Kc) | 69 |
| 5.6.7.4 | Humedad del Suelo | 70 |
| 5.6.7.5 | Cálculo de evapotranspiración de referencia (Eto mm/día) | 72 |
| 5.6.7.6 | Cálculo de evapotranspiración de cultivo (ET _c) | 73 |
| 5.6.7.7 | Cálculo de lámina de riego aplicado | 73 |
| 5.6.7.8 | Consumo diario de agua | 74 |
| 5.7 | Labores culturales..... | 76 |
| 5.8 | Variables evaluadas..... | 80 |
| 5.9 | Diseño experimental | 83 |
| VI. | RESULTADOS Y DISCUSIÓN..... | 85 |
| 6.1 | Rendimiento del cultivo | 85 |
| 6.2 | Consumo de agua durante el periodo vegetativo del cultivo de frijol | 90 |
| VII. | CONCLUSIONES | 94 |
| VIII. | RECOMENDACIONES | 95 |
| IX. | REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS: | 96 |
| X. | ANEXOS | 101 |

INDICE DE FIGURAS

| | Pág. |
|---|-------------|
| Figura 1. Morfología de la planta de frijol..... | 12 |
| Figura 2. Crecimiento determinado del tallo y ramas de la planta del frijol..... | 15 |
| Figura 3. Crecimiento arbustivo indeterminado del tallo y ramas de la planta de frijol..... | 16 |
| Figura 4. Crecimiento postrado indeterminado del tallo y ramas de la planta de frijol..... | 17 |
| Figura 5. Fruto de frijol..... | 20 |
| Figura 6. Semilla de frijol..... | 21 |
| Figura 7. Etapas del desarrollo del cultivo de frijol..... | 23 |
| Figura 8. Etapas de desarrollo de cultivo de frijol..... | 23 |
| Figura 9. Componentes de un sistema de riego por goteo..... | 34 |
| Figura 10. Ubicación del área de estudio..... | 46 |
| Figura 11. Distribución de tratamientos en la parcela de investigación..... | 50 |
| Figura 12. Distribución de tratamientos en la parcela de repeticiones..... | 50 |
| Figura 13. Imagen aérea y croquis de parcela experimental..... | 52 |
| Figura 14. Detalle de parcela 14..... | 53 |
| Figura 15. Imagen del Software Eto calculator FAO..... | 54 |
| Figura 16. Variación de la humedad del suelo para estimar la CC..... | 63 |
| Figura 17. Línea de conducción de sistema de riego..... | 66 |
| Figura 18. Curva de Kc del cultivo de frijol canario centenario..... | 70 |
| Figura 19. Intervalo de humedad gravimétrica óptima del suelo..... | 71 |
| Figura 20. Datos de Evapotranspiración de referencia..... | 72 |
| Figura 21. Datos de Humedad y Temperatura..... | 73 |
| Figura 22. Rendimiento total del cultivo de frijol canario centenario..... | 85 |
| Figura 23. Histograma de distribución del rendimiento..... | 89 |
| Figura 24. Dispersión de datos Q-Q..... | 90 |
| Figura 25. Volumen de agua en la campaña de frijol canario centenario..... | 92 |
| Figura 26. Lámina de riego bruta acumulada..... | 92 |

INDICE DE TABLAS

| | Pág. |
|---|-------------|
| Tabla 1. Época de siembra de las variedades de frijol cultivados en el Perú..... | 25 |
| Tabla 2. Característica del frijol canario centenario (<i>Phaseolus vulgaris</i> L.) | 26 |
| Tabla 3. Producción anual y rendimiento de frijol en el Perú..... | 29 |
| Tabla 4. Rendimiento de frijol a nivel mundial..... | 30 |
| Tabla 5. Definición de términos utilizados en la investigación..... | 44 |
| Tabla 6. Factores de estudio..... | 50 |
| Tabla 7. Cuadro resumen con los factores, tratamientos y variables de estudio..... | 51 |
| Tabla 8. Condición climática del centro de investigación en extensión de riego..... | 54 |
| Tabla 9. Característica física – química del agua de riego..... | 57 |
| Tabla 10 Características físico – química del suelo..... | 59 |
| Tabla 11. Densidad aparente del suelo de la parcela experimental..... | 61 |
| Tabla 12. Ensayo de humedad del suelo para determinar CC..... | 62 |
| Tabla 13. Fase de desarrollo del cultivo de frijol..... | 70 |
| Tabla 14. Cronología de la conducción del experimento..... | 82 |
| Tabla 15. Operacionalización de variables..... | 83 |
| Tabla 16. Análisis de varianza de la comparación de medias (SAS)..... | 86 |
| Tabla 17. Análisis de varianza de la comparación de medias (InfoStat)..... | 87 |
| Tabla 18. Tabla estadística de T de significancia..... | 87 |
| Tabla 19. Aplicación de lámina de agua..... | 91 |
| Tabla 20. Lámina de riego bruta total..... | 92 |

INDICE DE FOTOGRAFIAS

| | Pág. |
|---|-------------|
| Fotografía 1. Planta de frijol canario centenario con sus partes..... | 12 |
| Fotografía 2. Muestra de agua del reservorio del CIER..... | 56 |
| Fotografía 3. Calicata para extracción de muestra de suelo..... | 58 |
| Fotografía 4. Muestra de suelo..... | 58 |
| Fotografía 5. Prueba de infiltración básica | 60 |
| Fotografía 6. Cálculo de densidad aparente..... | 62 |
| Fotografía 7. Preparación del terreno..... | 64 |
| Fotografía 8. Abonamiento con sustrato..... | 65 |
| Fotografía 9. Instalación del sistema de riego por goteo..... | 65 |
| Fotografía 10. Prueba de coeficiente de uniformidad..... | 67 |
| Fotografía 11. Semillas de frijol canario centenario..... | 67 |
| Fotografía 12. Siembra de cultivo de frijol canario centenario..... | 68 |
| Fotografía 13. Resiembra de cultivo de frijol canario centenario..... | 68 |
| Fotografía 14. Riego por goteo en el área de investigación..... | 69 |
| Fotografía 15. Medición de la humedad del suelo..... | 72 |
| Fotografía 16. Equipo de fertirriego AMIAD..... | 75 |
| Fotografía 17. Control de malezas | 76 |
| Fotografía 18. Aporque en el área de investigación..... | 77 |
| Fotografía 19. Aplicación de azufre..... | 77 |
| Fotografía 20. Cosecha del cultivo de frijol canario centenario..... | 78 |
| Fotografía 21. Trillado de muestras..... | 79 |
| Fotografía 22. Trillado de bordes..... | 79 |
| Fotografía 23. Pesado de muestras y cosecha total..... | 80 |

INDICE DE ANEXOS

| | Pág. |
|---|-------------|
| Anexo 1. Análisis de agua de riego..... | 101 |
| Anexo 2. Descripción de Horizontes en Calicata..... | 102 |
| Anexo 3. Análisis de caracterización del suelo..... | 103 |
| Anexo 4. Análisis de caracterización del suelo laboratorio..... | 104 |
| Anexo 5. Plano topográfico del área de investigación..... | 105 |
| Anexo 6. Prueba de Infiltración..... | 106 |
| Anexo 7. Datos Meteorológicos..... | 107 |
| Anexo 8. Prueba de uniformidad..... | 115 |
| Anexo 9. Catálogo de accesorios NETAFIM..... | 116 |
| Anexo 10. Ficha técnica de Inyector AMIAD..... | 119 |
| Anexo 11. Boleta de compra de semilla..... | 120 |
| Anexo 12. Especificaciones técnicas del TDR150..... | 121 |
| Anexo 13. Fotografías del proceso de la investigación..... | 122 |

RESUMEN

En el presente trabajo de investigación se implementaron dos tratamientos de riego con el objetivo de reducir los aportes hídricos en relación con las necesidades de riego del cultivo de Frijol Canario Centenario, para ello se evaluó el rendimiento obtenido mediante las dos frecuencias de riego de uno y dos días respectivamente mediante el sistema de riego, por goteo, en el cultivo de Frijol Canario variedad Centenario. Se evaluaron el volumen de agua utilizado en cada tratamiento y el rendimiento de la producción relacionado con los métodos de riego utilizados. La investigación se llevó a cabo en el campo experimental perteneciente a la Universidad Nacional Agraria la Molina, con un área neta de 585 m² que estuvo conformado por dos bloques. El diseño estadístico del experimento consistió en dos tratamientos con diferentes frecuencias de riego de uno y dos días, distribuidos en dos bloques, El rendimiento promedio por tratamiento fue de: 1714.10 kg/ha y 1750.6 kg/ha, para la técnica de riego por goteo respectivamente.

Asimismo, en ambos tratamientos se analizó el consumo de agua utilizado durante todo el periodo vegetativo. En el caso del riego por goteo, con frecuencias de uno y dos días, consumieron los volúmenes de agua utilizados fueron de: 1462.63 m³/ha y 1344.87 m³/ha respectivamente. Al comparar ambos tratamientos el riego con frecuencia de dos días permitió un ahorro de agua del 117.76 m³/ha. En comparación con el riego con frecuencia de un día.

Palabras claves: Rendimiento, Volumen de agua utilizada, Riego por goteo, Bloque de investigación.

INTRODUCCIÓN

El frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) es una leguminosa de grano cultivada a nivel mundial, con una producción y consumo altos en América Latina. Esta leguminosa constituye una importante fuente de proteínas y carbohidratos, siendo ideal para la población de bajos recursos económicos, ya que consumen menos proteínas de otras fuentes, Además el frijol es un excelente mejorador del suelo agrónomicamente, debido a su alto contenido de nitrógeno.

En las regiones del Perú, el desafío actual en la agricultura consiste en incrementar los rendimientos de los cultivos haciendo uso de menores volúmenes de agua, mucho más en regiones donde los recursos hídricos son limitados con escasas hídrica, debido a que las fuentes de agua se están disminuyendo de manera significativa cada año a consecuencia del calentamiento global y la contaminación ambiental, se ha generado una preocupación constante no solo de los agricultores, sino también a nivel mundial.

A pesar de su alto costo de inversión, el riego tecnificado ofrece ventajas y eficiencias significativas en comparación con el riego por gravedad. Esta tecnología representa una alternativa clave para los agricultores del país, ya que permite optimizar el uso del agua para riego, incrementar el área cultivada bajo riego y contrarrestar los problemas de erosión hídrica; su finalidad es elevar los niveles de producción y productividad de sus cultivos lo que se traduce en mayores ingresos para las familias agricultoras.

En Perú durante el año 2020 se cosecharon 68,478 hectáreas de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.), con un rendimiento de 1,282.8 kg/ha según la Organización de la Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (**FAO, 2022**), Este cultivo destaca a nivel nacional, tal como lo indica el Instituto Nacional de Innovación Agraria (**INIA, 2022**). Sin embargo, entre las principales limitaciones para su cultivo incluyen la susceptibilidad a plagas y enfermedades, así como la poca tolerancia a largos períodos de sequía y a suelos salinos.

El ámbito del proyecto se encuentra en el Centro de Investigación y Extensión en Riego (CIER), ubicado en la Universidad Nacional Agraria La Molina (UNALM) - NETAFIM, en el distrito de la Molina, provincia y región de Lima, Perú. Geográficamente se sitúa a una latitud sur de 12°4'49,29" y una longitud oeste

de 76°57'5,49", a una altitud de 259.8 metros sobre el nivel del mar. El período de evaluación de los tratamientos se llevará a cabo de acuerdo con la fase fenológica de desarrollo del cultivo y su evapotranspiración.

Debido a que los requerimientos hídricos del cultivo de frijol han sido poco estudiados bajo condiciones de costa, se evaluaron dos frecuencias de riego en la producción de frijol Canario Centenario, con el propósito de determinar las diferencias en el rendimiento producto de la aplicación del método de riego por goteo, siendo el método de reposición de agua las lecturas de Eto. Para definir la lámina de riego, determinándose para cada uno de los tiempos de riego en función de los parámetros que considera el método, evaluando el comportamiento del sistema de riego aplicado mediante dos frecuencias de riego, de un día y de dos días, en dos bloques (tratamientos), su productividad, rendimiento, eficiencia en el método de riego por goteo. Ante la necesidad de un uso riego eficiente en la agricultura peruana se plantea el presente trabajo de investigación denominado **“Efecto de dos frecuencias de riego por goteo en el rendimiento y volumen de agua aplicado en el cultivo de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) en el Centro de Investigación y Extensión en Riego – CIER - NETAFIM, La Molina, Lima”**, el cual tiene como finalidad la investigación para determinar el rendimiento de producción, para conocer que frecuencia de riego es más adecuada para una mejor eficiencia de riego, uniformidad de riego.

La evaluación de la aplicación del riego por goteo, se dará mediante dos tratamientos para dos bloques de riego, las variables medidas al cultivo en la etapa de campo serán las frecuencias de riego, su eficiencia de riego y el rendimiento en kg/ha.

La autora.

I. PROBLEMA OBJETO DE INVESTIGACIÓN

1.1. Identificación del problema objeto de investigación

No cabe duda que los rendimientos de los cultivos del Frijol Canario Centenario se deben a un conjunto de factores (clima, suelo, semilla, fertilizantes, labores culturales, entre otros) que serán en lo posible considerados durante el desarrollo de la presente investigación. La aplicación de agua mediante sistema de riego por goteo es un medio para alcanzar mejores rendimientos, además de la eficiencia de aplicación de riego en el cultivo.

El principal problema que actualmente se debe resolver es la inadecuada aplicación de recurso hídrico mediante las frecuencias de riego, en la mayoría de casos la frecuencia de riego no es considerada, en algunos casos los agricultores realizan riegos excesivo y en otros riegos con frecuencias escasas, sin realizar un análisis previo de las frecuencias de riego oportuno y la cantidad adecuada de riego a aplicar, los cuales provocarían sobre esfuerzos del cultivo para el uso del agua del suelo o en caso contrario el exceso produciría enfermedades en el cultivo, baja producción y el uso inadecuado del recurso hídrico, sabiendo que en la actualidad a consecuencia del cambio climático se debe optimizar su uso, para contrarrestar estos problemas, se tiene como alternativa de solución la aplicación del sistema de riego por goteo en el cultivo de frijol Canario Centenario con la aplicación de frecuencias de riego, este permitirá distribuir el agua y fertilizantes de manera eficiente y efectiva en cada planta del cultivo.

Siendo el riego un factor primordial del cultivo de frijol, ya que es sensible a falta y al exceso de agua, su calidad y rendimiento se verían afectados si no se realiza adecuadamente, el riego por goteo es una técnica que permite un mayor aprovechamiento del agua y fertilizantes lo que puede mejorar la eficiencia en el uso de los recursos e incrementar la producción y calidad del grano.

El riego por goteo es un método por el cual el agua es distribuida, bajo una presión adecuada, en forma de un gran número de gotas esparcidas en cintas de riego de polietileno. Dependiendo la uniformidad, de la aplicación del agua, del modelo de reparto del tipo de goteo y de la disposición de los mismo en el campo. Entre sus principales ventajas respecto al riego por gravedad (tradicional), destacan:

a) Adaptabilidad: Es adecuada para caudales pequeños pero continuos, suelos de textura ligera con alta infiltración y baja capacidad de retención de agua, así como suelos con perfiles no uniformes o poco profundos. También se adapta a terrenos con topografía ondulada o en laderas, permitiendo la aplicación de riegos pequeños y frecuentes.

b) Ahorro de mano de obra: Este sistema puede automatizarse por completo en algunos casos, lo que reduce la necesidad de mano de obra especializada y facilita su gestión.

c) Economía del agua: en sistemas bien dimensionados y que operen correctamente, es posible aplicar las dosis de agua necesarias en riegos menos frecuentes, minimizando pérdidas por evaporación, arrastre por el viento, escorrentía y percolación profunda. Sin embargo, la falta de conocimientos sobre el manejo adecuado del cultivo ocasiona bajos rendimientos, afectando a la calidad de granos, inclusive a las vainas ocasionando daños que no permiten la maduración del grano por ende reduce la productividad.

Por lo mencionado, es importante realizar la presente investigación que plantea una evaluación de las condiciones edáficas e hídricas, con la finalidad de hacer un estudio sobre el requerimiento de riego en función a la estación meteorológica automática DAVIS Instruments, calidad de agua y el uso en el riego por goteo, si bien es cierto que hay un déficit de suelos agrícolas, lo ideal es que estos suelos sean adecuadamente conservados, con un manejo adecuado en riego y fenología del cultivo, que aportará información valiosa para investigaciones futuras y para los agricultores productores de frijol con riego de goteo.

1.2. Formulación del problema

1.2.1 Problema general

¿Cuál será el Efecto de dos frecuencias de riego por goteo en el rendimiento y volumen de agua aplicado en el cultivo de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) en el Centro de Investigación y Extensión en Riego – CIER - NETAFIM, La Molina, Lima?

1.2.2. Problemas específicos

- a) ¿Cuáles serán los rendimientos del cultivo de frijol canario centenario bajo dos frecuencias de riego por goteo, bajo condiciones del Centro de Investigación y Extensión en Riego – CIER, NETAFIM La Molina, Lima?

- b) ¿Cuál será el volumen de agua utilizado en el cultivo de frijol canario centenario bajo dos frecuencias de riego por goteo en frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) bajo condiciones del Centro de Investigación y Extensión en Riego – CIER, NETAFIM, La Molina, Lima?

II. OBJETIVOS Y JUSTIFICACIÓN

2.1. Objetivos

2.1.1. Objetivo general

Evaluar el efecto de dos frecuencias de riego por goteo en el rendimiento y volumen de agua aplicado en el cultivo de frijol canario centenario (*Phaseolus vulgaris* L.) en dos bloques de riego mediante la aplicación de riego por goteo en parcelas del CIER-UNALM” en los años 2023 – 2024.

2.1.2. Objetivos específicos

- a) Comparar los rendimientos del cultivo de frijol con dos frecuencias de riego por goteo en dos bloques de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) bajo condiciones del Centro de Investigación y Extensión en Riego – CIER, NETAFIN, La Molina, Lima.
- b) Determinar el volumen de agua utilizado en el cultivo de frijol bajo dos frecuencias de riego por goteo en el cultivo de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) bajo condiciones de la estación meteorológica automática DAVIS Instruments en el Centro de Investigación y Extensión en Riego – CIER, NETAFIM, La Molina, Lima.

2.2. Justificación

La actividad agrícola en el país en los últimos años viene siendo afectada considerablemente a causa de la escasa disponibilidad del agua para sus cultivos, en algunos casos con una sola campaña al año y con rendimientos bajos de los cultivos, ya que el caudal ofertado resulta insuficiente para satisfacer la demanda de agua de los cultivos bajo un sistema de riego tradicional.

No cabe duda que los bajos rendimientos de los cultivos son el resultado de diversos factores (clima, suelo, semilla, fertilizantes, labores culturales, etc.) que no se manejan adecuadamente en el cultivo de frijol. Sin embargo, es fundamental reconocer que el riego juega un papel crucial en el rendimiento de la producción (cosecha) obtenido, por lo que amerita dar la atención necesaria. El riego adecuado es un factor clave para lograr mejores rendimientos, ya que contribuye significativamente al desarrollo y calidad de los cultivos.

El presente trabajo de investigación está orientado a evaluar los rendimientos de dos frecuencias de riego por goteo en el cultivo de frijol canario centenario (*Phaseolus vulgaris* L.), los valores obtenidos permitirán conocer que tratamiento presentará mejores rendimientos. Permitiendo elevar los niveles de producción y productividad del cultivo, esta información beneficiará a los agricultores porque así podrán obtener mayor producción mejorando sus ingresos económicos. La optimización del recurso hídrico y uso de fertilizantes a nivel ambiental contribuirá en obtener una producción más sostenible, por tanto, determinar los rendimientos de producción en el sistema de riego por goteo, considerando variables como: eficiencia de riego, uniformidad de riego, rendimientos de productividad, turnos de riego, frecuencias de riego, fertilización en el cultivo de Frijol Canario Centenario mediante los siguientes aspectos:

- a) Se realizó un diagnóstico del sistema hidráulico actual de la zona de estudio que será, base para la aplicación del presente proyecto, mediante la cual se identificarán las potencialidades y limitaciones en el área de la investigación en el CIER-UNALM.

- b) Se determinó las características físicas, químicas y de infiltración del suelo donde se desarrollará el proyecto.
- c) Se determinó dos frecuencias de riego para los dos tratamientos, en dos bloques en el sistema de riego por goteo.
- d) Se determinó la eficiencia de riego y coeficiente de uniformidad para el sistema de riego por goteo.
- e) Se aplicó tratamientos de fertirrigación en el sistema de riego.
- f) Se determinó los rendimientos de producción del frijol canario centenario, producto de la aplicación del sistema de riego por goteo.
- g) Se determinó tiempos de riego diario y laminas a reponer en función a los factores climáticos (ET_o, viento, humedad de suelo).

La investigación se desarrolló en la ciudad de Lima, dado que la autora reside y labora en esta localidad, lo que permitió una supervisión constante y un adecuado control de las condiciones experimentales. Asimismo, La Universidad Nacional Agraria La Molina (UNALM), dispuso de una parcela experimental facilitada por dicha institución, debido a que allí la autora cursa una maestría, por ello se le brindó infraestructura apropiada y condiciones óptimas para la ejecución del estudio.

Además, el trabajo contó con el apoyo de insumos y equipos de las empresas NETAFIM y ADAMA, donde laboraba la autora, la colaboración de dichas empresas fue fundamental para garantizar la rigurosidad metodológica y calidad de los resultados obtenidos.

En tal sentido, la elección de Lima como lugar de investigación respondió a criterios de viabilidad, disponibilidad de recursos especializados y coherencia con los objetivos y la línea de investigación.

La información obtenida de la investigación, permitirá a la comunidad científica adquirir datos de los valores obtenidos en el cultivo de frijol canario centenario como antecedentes los cuales se podrán comparar con otros a nivel de investigaciones científicas nacionales e internacionales, ya que este cultivo se cultiva en mayor magnitud a nivel mundial.

III. HIPOTESIS

3.1. Hipótesis general

Al evaluar el Efecto de dos frecuencias de riego por goteo en el rendimiento y volumen de agua aplicado en el cultivo de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) en el Centro de Investigación y Extensión en Riego – CIER - NETAFIM, La Molina, Lima, presentará diferencias significativas entre los tratamientos evaluados.

3.2. Hipótesis específicas

a) Al comparar los rendimientos de producción con dos frecuencias de riego por goteo en dos bloques de riego bajo condiciones del Centro de Investigación y Extensión en Riego - CIER, La Molina, Lima; se mostrarán diferencias significativas.

b) Al determinar el volumen de agua requerido en cada una de las dos frecuencias de riego por goteo en dos bloques de riego en el del cultivo de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) bajo condiciones del Centro de Investigación y Extensión en Riego - CIER, La Molina, Lima; los resultados mostrarán diferencias.

IV. MARCO TEORICO

4.1. Antecedentes de la investigación

4.1.1 Investigaciones internacionales

Ortiz et al. (2020), Llevó a cabo una investigación donde el objetivo fue determinar la lámina de riego óptima que favorezca un buen rendimiento y un uso eficiente del agua en la producción de frijol Común (*Phaseolus vulgaris* L.) mediante el uso de riego por aspersión. Los tratamientos consistieron en tres láminas de riego, las variables evaluadas fueron rendimientos en kg/ha y análisis de productividad del agua kg/m³, concluyendo que con una lámina de (298mm) se obtiene un rendimiento de semilla similar al de las láminas con mayor aplicación, al mismo tiempo que se mejora la productividad del agua mostrando una mayor eficiencia en su conversión en un recurso útil para el consumo. Además, este enfoque contribuye a optimizar el uso del recurso hídrico y a una gestión más eficiente del sistema de riego.

N. Guaman, T. Desiderio-Veral, A. Villavicencio, S. Ulloa-Cortázar, y S. Romero-Salgado, (2020), En un estudio de adaptación de frijol Canario Centenario en Luz de América, Ecuador se reportó un rendimiento de 1960 kg/ha.

4.1.2 Investigaciones nacionales

Según **SEPA, (2017)**, en 2016, Perú produjo un total de 80 887 toneladas de frijol, cultivadas en 70 946 hectáreas. El rendimiento promedio a nivel nacional fue de 1,140 kg/ha, sin embargo, algunos departamentos lograron rendimientos mucho más altos, como Lima (2496 kg/ha), Moquegua (2416 kg/ha), Arequipa (1883 kg/ha), Ica (1704 kg/ha), Cusco (1588 kg/ha), Huancavelica (1546 kg/ha), Huánuco (1217 kg/ha), La Libertad (1462 kg/ha), Lambayeque (1257 kg/ha), Ancash (1217 kg/ha), San Martín (994 kg/ha) y Piura (786 kg/ha).

Aybar et al. (2020). El rendimiento promedio del frijol a nivel nacional es de 1500 - 2000 kg/ha, con un máximo registrado de 2595 kg/ha. Estos rendimientos varían según las prácticas agronómicas y culturales implementadas, así como el uso adecuado de fertilizantes **Ferrer et al. (2005)**

4.1.3 Investigaciones locales

Pérez et al. (2021), realizó una investigación cuyo objetivo fue evaluar el efecto de tres dosis de riego y determinar el coeficiente de cultivo (K_c) en la producción de frijol Canario Centenario, al someter al cultivo a un estrés hídrico a partir de la etapa fenológica inicial, disminuye el rendimiento, crecimiento y desarrollo vegetativo con respecto al tratamiento de riego normal, concluyendo con los valores de K_c obtenidos para las etapas fenológicas; inicial (0,56), media (1,19) y final (0,81), son diferentes a los propuestos por la FAO, en cuánto a rendimiento reportó del T1 3045 kg/ha , T2 3013 kg/ha y T3 1677 kg/ha.

Ortiz. (2024) de la investigación efecto del uso de materia orgánica y el riego parcial en frijol de la variedad Canario Centenario, utilizando riego por goteo reportó los rendimientos de su investigación que fueron sin la adición de materia orgánica (Ácido húmico) fue de 3252.7 kg/ha para el tratamiento TR-3, 2938.27 kg/ha para el tratamiento TR-1 y 2768.52 kg/ha para el tratamiento TR-2. con la incorporación de materia orgánica (Ácido húmico) fue de 4079.86 kg/ha para el tratamiento TR-3, 3377.31 kg/ha para el tratamiento TR-1 y 3545.91 kg/ha

4.2. Bases teóricas

4.2.1. Origen del frijol

El frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) es originario de América, con una distribución que abarca desde México hasta Argentina. Aquí se desarrollaron dos grandes centros de domesticación, lo que resalta su relevancia para Latinoamérica **(Valladolid, 1993)**

Según el Centro Internacional de Agricultura Tropical (**CIAT, 1994**), el frijol, cuyo nombre científico es *Phaseolus vulgaris* L. fue clasificado por Linneo en 1875. Este pertenece al género *Phaseolus* que incluye alrededor de 35 especies, de las cuales cinco se cultivan en el Perú: *Phaseolus vulgaris* L. (frijol), *Phaseolus coccineus* L. (frijol ayocote), *Phaseolus acutifolius* A. Gray var. *latifolius* Freem. (frijol tepary), *Phaseolus polyanthus* Greenm. (frijol de toda la vida), *Phaseolus lunatus* L. (pallar).

4.2.2. Generalidades del cultivo

El cultivo del frijol es de gran importancia debido a su relevancia alimentaria, ya que es una fuente rica que contiene carbohidratos, proteínas, calcio y hierro con porcentajes de 55.4%, 21.8%, 13.8% y 0.47%, respectivamente, además de proporcionar un valor energético estimado de 322 kcal. Su consumo se da principalmente en forma de menestras (grano maduro seco) y como legumbres (semillas comestibles o vainitas). *Phaseolus vulgaris* L. Es una especie dicotiledónea, cuenta con aproximadamente 70 variedades distribuidas en siete grupos: negros, amarillos, blancos, morados, bayos, pintos y moteados **(Voyses, 1993)**

La producción de Frijol (*Phaseolus vulgaris*) en el Perú se beneficia de condiciones favorables en las tres regiones del país: costa, sierra y selva debido a su suelo y clima para la producción y adaptabilidad de las leguminosas. En este contexto, es posible cultivar hasta 12 especies y más de 80 variedades comerciales en alrededor de 200,000 hectáreas, lo que da como resultado una producción anual de 272,000 toneladas, de las cuales el 33% corresponde a

frijoles, el 30% a habas, el 19% a arvejas y el 18 % restante a otros cultivos como pallar, lentejas, tarwi, garbanzo, entre otros **(Aguirre, 2021)**.

Phaseolus vulgaris L. esta especie recibe diferentes nombres en los países de habla hispana, entre ellos: frijol, frijol, frisol, fréjol, frejol, poroto, habichuela, habilla, caraota, judía, alubia, chuwi. Sin embargo, “frijol” es el termino más comúnmente utilizado en la mayoría de los países de Latinoamérica. **(Choque, 2013)**

Se cultiva desde el nivel del mar hasta altitudes superiores de 3000 m.s.n.m. Se estima que más del 90% de su producción a nivel mundial se desarrolla en condiciones de estrés ambiental. **(Choque, 2013)**

El frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) es la leguminosa de grano más cultivada a nivel mundial y posee una gran relevancia en los sectores de menores recursos económicos. Por esta razón, resulta fundamental investigar el comportamiento de este cultivo dentro del contexto de la agricultura orgánica. **(Rosas, 2022)**

4.3. Taxonomía y botánica

4.3.1. Taxonomía

(Hernández et al. 2013) Su clasificación taxonómica es la siguiente:

Reino: Plantae

División : Agiosperma

Clase : Dicotiledoneae

Subclase : Archyamydeae

Orden: Rosales

Familia: Leguminosa

Subfamilia : Papilionaceae

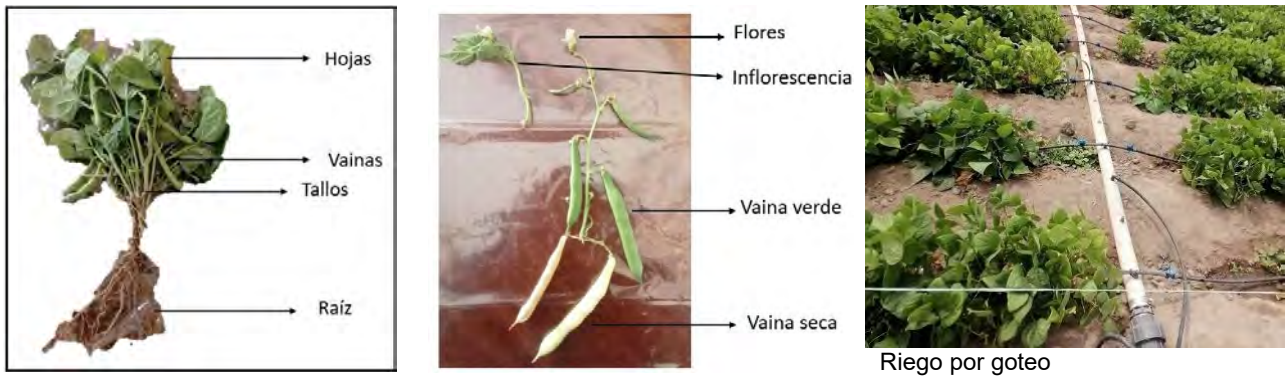
Tribu : Phaseoleae

Subtribu : Phaseolin

Género : Phaseolus

Especie: *Phaseolus vulgaris* L.

Fotografía 1: *Planta de frijol canario centenario con sus partes, cultivo en riego por goteo.*



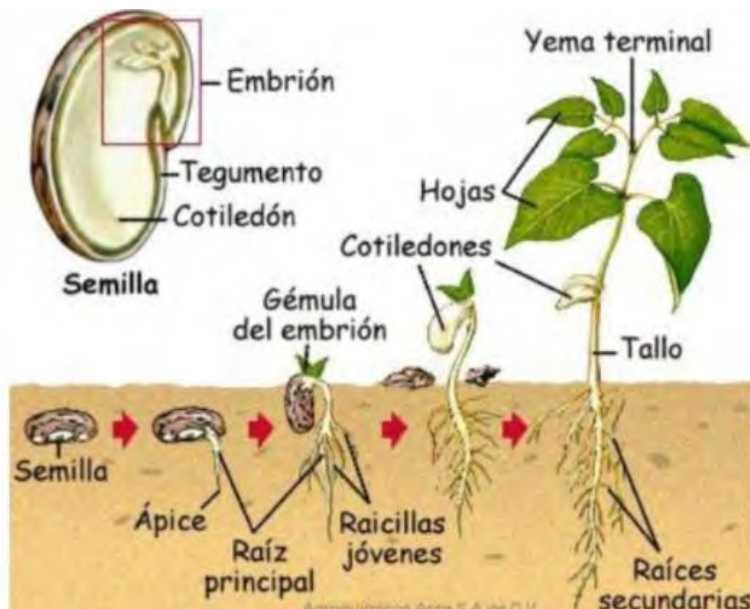
Fuente: elaboración propia

4.3.2. Botánica

El frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) es una planta leguminosa, de los caracteres morfológicos principales de la planta, descritos por (Debouck e Hidalgo, 1985) (Valladolid, 2001)

Figura 1

Morfología de la planta de frijol



Fuente: Firigua, 2019

Raíz

En la etapa inicial del desarrollo del frijol, la planta se forma a partir de la radícula del embrión que posteriormente se convierte en la raíz principal, surgen las raíces secundarias. A partir de estas raíces secundarias emergen las raíces terciarias y, de manera sucesiva, niveles adicionales de ramificación. En los ápices de crecimiento de estas raíces se localizan los pelos absorbentes, que desempeñan un papel fundamental en la absorción de agua y nutrientes del suelo.

El sistema radical del frijol se concentra principalmente en los primeros 20 cm de profundidad del suelo. Sin embargo, en suelos sueltos y fértiles, las raíces de variedades bien adaptadas pueden extenderse hasta un metro de longitud. Además, estas raíces suelen presentar nódulos de forma poliédrica, con un diámetro de 2 a 5 mm, que son colonizados por bacterias del género *Rhizobium*. Estas bacterias fijan el nitrógeno atmosférico, que la planta utiliza y que, a su vez, es devuelto al suelo, contribuyendo a mejorar su fertilidad.

Tallo

El tallo constituye el eje central de la planta y está formado por una sucesión de nudos y entrenudos. Los nudos son los puntos donde se insertan las hojas o los cotiledones. El ángulo formado entre el tallo y el peciolo de la hoja se denomina como axila, y en esta región se desarrollan tres yemas que, con el tiempo, pueden originar ramas, inflorescencias o ambas estructuras.

La porción del tallo comprendida entre la inserción de las raíces y el primer nudo denomina hipocótilo. En el primer nudo se insertan los cotiledones, que constituyen las primeras estructuras foliares del embrión. El segmento del tallo comprendido entre el primer y el segundo nudo, donde se insertan las hojas primarias, se denomina es el epicótilo.

El tallo presenta un diámetro mayor que las ramas y puede adoptar una forma erecta, semipostrada o postrada, según el hábito de crecimiento específico de la variedad de planta.

Hábitos de crecimiento

El hábito de crecimiento es un rasgo morfoagronómico de gran relevancia, ya que se encuentra estrechamente vinculado al manejo del cultivo y al potencial de rendimiento de la variedad. De acuerdo con estudios realizados en el CIAT se identifican cuatro tipos principales de hábitos de crecimiento.

Tipo I : Hábito de crecimiento arbustivo determinado

Tipo II : Hábito de crecimiento arbustivo indeterminado

Tipo III : Hábito de crecimiento postrado indeterminado

Tipo IV : Hábito de crecimiento indeterminado trepador

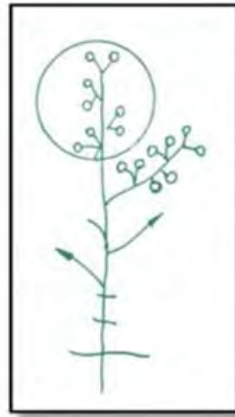
Los tres primeros tipos de hábito de crecimiento son más comunes en la región costera, mientras que el tipo IV predomina en la sierra y la selva, debido a la predominancia de sistemas de cultivo asociados, especialmente con maíz.

Tipo I: Hábito de crecimiento arbustivo determinado

Este tipo de hábito de crecimiento se caracteriza por:

- Terminación reproductiva del tallo y las ramas: tanto el tallo principal como las ramas laterales finalizan en una inflorescencia, lo que detiene su crecimiento una vez que se ha formado.
- El tallo robusto y corto: presenta un tallo fuerte con un número reducido de nudos, generalmente entre 5 y 10, los cuales son de longitud corta.
- La altura de la planta varía entre 25 y 50 cm.
- La etapa de floración (R6), es corta y la madurez de todas las vainas (R9) ocurre casi de manera simultánea.

Figura 2: *Crecimiento arbustivo determinado del tallo y ramas de la planta de frijol*



Fuente: Valladolid, 2001

En la costa central del Perú, las principales variedades de frijol cultivadas corresponden al hábito arbustivo determinado o tipo I. Entre ellas se destacan las siguientes: 'Canario 2000 INIAA', 'Canario Centinela-INIAA', 'Canario Chinchano', 'Canario Huaralino', 'Canario Barranquino', 'Canario Molinero' y 'Canario Divex 8120'.

Tipo II: Hábito de crecimiento arbustivo indeterminado

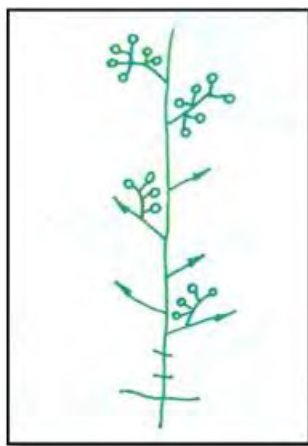
Este tipo de hábito se caracteriza por:

- Tallo erecto con guía terminal: el tallo principal crece de forma erecta y culmina en una guía generalmente corta. Las ramas laterales no producen guías, sino que finalizan en un meristema vegetativo.
- Crecimiento continuado durante la floración a diferencia del tipo I, el crecimiento de tallo continua durante la etapa de floración, aunque a un ritmo más lento.
- Menor número de ramas, pero más abundantes: presenta menos ramas en comparación con el tipo I, pero estas se desarrollan en mayor cantidad. Además, son más cortas que el tallo principal.
- Variedades cultivadas en la costa, las variedades 'Blanco Larán', 'Larán Mejorado INIAA' y 'Panamito Molinero', son las únicas variedades de este tipo II, las cuales tienen un mayor potencial de rendimiento que las variedades de tipo I.

- Material genético en desarrollo: existen otras variedades a nivel experimental, de grano amarillo, blanco y bayo, con resistencia a enfermedades que se espera estén disponibles, como nuevas variedades comerciales en los próximos años.
- Tanto las variedades de tipo I como las de tipo II, facilitan una mayor mecanización del cultivo.

Figura 3

Crecimiento arbustivo indeterminado del tallo y ramas de la planta de frijol



Fuente: Valladolid, 2001

Tipo III: Hábito de crecimiento postrado indeterminado

Este tipo de hábito de crecimiento presenta las siguientes características:

- Las plantas son postradas o semipostradas, presentan un porte bajo, con ramas bien desarrolladas.
- Tanto el tallo principal como las ramas laterales terminan en guías, lo que favorece su expansión sobre el suelo.
- El número de nudos y la longitud de los entrenudos son superiores en comparación con los tipos I y II.
- Algunas variaciones de este tipo tienen la capacidad de trepar, ligeramente, especialmente cuando hay un soporte disponible.
- La mayoría de las variedades criollas y algunas variedades mejoradas cultivadas en la región de la costa pertenecen a este tipo de crecimiento.

Figura 4: Crecimiento postrado indeterminado del tallo y ramas de la planta de frijol



Fuente: Valladolid, 2001

Ramas

Las ramas se originan a partir de complejos axilares compuestos por tres yemas, conocidos como tríadas, ubicados en las axilas de las hojas. El desarrollo de estas tríadas puede manifestarse en tres formas distintas:

- Completamente vegetativo, donde se desarrollan solo ramas.
- Floral y vegetativo, en el que se desarrollan tanto ramas como flores.
- completamente floral, en el cual se desarrollan exclusivamente flores.

Desarrollo completamente vegetativo: En este caso, la yema central es la primera en desarrollarse, originando una rama. De las dos yemas laterales, solo una continúa su desarrollo. Este tipo de desarrollo es característico del tercio inferior de la planta.

Desarrollo floral y vegetativo: la yema central se transforma en una inflorescencia mientras que al menos una de las yemas laterales da origen a una rama.

Desarrollo completamente floral: únicamente las yemas laterales se desarrollan convirtiéndose en botones florales, mientras que la yema central permanece en estado latente. Este tipo de desarrollo es típico del último nudo en plantas de hábito de crecimiento tipo I.

Hojas

La planta de frijol presenta dos tipos de hojas: simples y compuestas.

- Hojas simples, se ubican en posición opuesta en el segundo nudo de la planta. Estas hojas son las primeras en desarrollarse y suelen caer antes de que la planta alcance su fase de pleno desarrollo.
- Hojas compuestas, son las hojas características de frijol, formadas por tres folíolos. El folíolo central es simétrico, mientras que los folíolos laterales son asimétricos.

Inflorescencia

Las inflorescencias en las plantas de frijol pueden ser terminales o axilares. Las inflorescencias terminales se encuentran en las plantas con hábito de crecimiento tipo I.

Dentro de la inflorescencia se pueden distinguir tres componentes principales:

- El eje de la inflorescencia que se compone de pedúnculo y raquis.
- Las bractéolas primarias, que son pequeñas estructuras situadas en la base de la inflorescencia.
- Los botones florales, que son las flores en desarrollo.

Antes de la apertura de las primeras flores, el pedúnculo experimenta un rápido alargamiento. El raquis es una estructura compuesta por una sucesión de nudos, identificables por la presencia de brácteas primarias.

En la axila que se forma entre la bráctea y el raquis se encuentra un complejo de tres yemas denominado triada floral. Generalmente de cada triada floral se desarrollan las dos yemas laterales, las cuales se transforman en flores, mientras que la yema central suele permanecer latente.

Flor

La flor del frijol es una flor típica papilionácea (de tipo mariposa). En su desarrollo se pueden distinguir dos fases: el botón floral y la flor completamente abierta.

El botón floral se desarrolla hasta alcanzar la antesis (el proceso fecundación).

La estructura de la flor está conformada por:

- **Cáliz:** de forma acampanulada, por cinco sépalos soldados en su base.

- **Corola:** Es pentámera, compuesta por cinco pétalos, distribuidos en un estandarte (el pétalo superior), dos alas laterales y una quilla (formada por dos pétalos inferiores fusionados).
- La **quilla** es la parte de la corola que rodea al androceo y al gineceo. La corola puede presentar diferentes colores, como blanco, rosado o púrpura. Las variedades criollas de grano bayo, rojo y negro cultivadas en la costa tienen corola púrpura claro.
- El **androceo**, compuesto por nueve estambres fusionados en su base y un estambre libre que se encuentra frente al estandarte de la flor.
- El **gineceo**, incluye el ovario comprimido, el estilo encorvado y el estigma lateral terminal, que tiene agrupaciones de pelos en forma de brochas. Estos pelos son fundamentales para la recepción del polen durante el proceso de fecundación.

Fruto

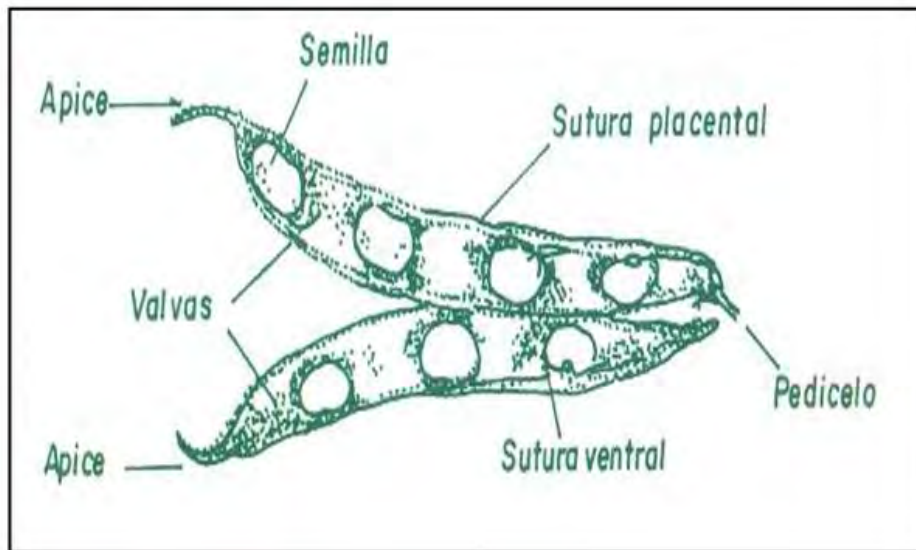
La vaina del frijol es una estructura formada por dos valvas que se originan del ovario comprimido de la flor. Estas valvas están unidas por dos suturas: la sutura placentar o dorsal, donde se insertan las semillas, y la sutura ventral que cierra la vaina por el lado opuesto.

La presencia de fibras en ambas suturas, así como en la superficie interna de las valvas desempeña un papel crucial en el proceso de dehiscencia (apertura natural de la vaina para liberar las semillas al alcanzar la madurez. Este carácter morfoagronómico es importante para la clasificación las variedades de frijol.

- Vainas con mucha fibra en las suturas y las valvas tienden a abrirse cuando alcanzan la madurez de cosecha. Este tipo de vaina es adecuado para la cosecha en grano seco.
- Por otro lado, las vainas con poca o ninguna fibra en las suturas y valvas son más ideales para el consumo como vainita, ya que no se abren fácilmente y permiten recolectarlas mientras aún están verdes.

Figura 5

Fruto del frijol



Fuente: Valladolid, 2001

Semilla

La semilla del frijol se origina del óvulo fecundado y puede tener diversas formas y colores tales como ovoides, esféricas o arriñonadas, entre otras.

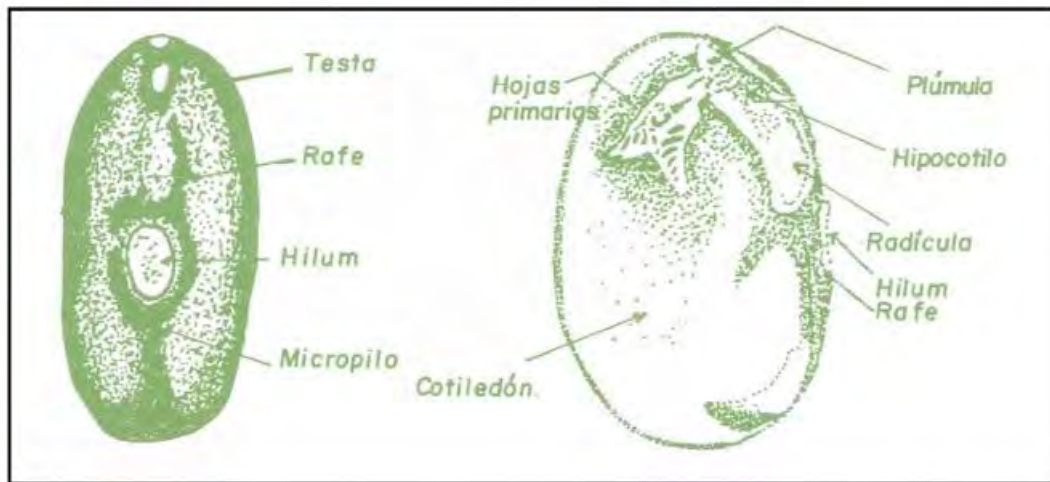
Las partes externas más importantes de la semilla son:

- **Testa:** Es la cubierta externa de la semilla que la protege de factores externos.
- **Hilum:** Es la cicatriz dejada por la unión del funículo (el cordón que une la semilla con el ovario) con la sutura placentar, uniendo dos valvas de la vaina.
- **Micrópilo:** Es una pequeña abertura cerca al hilum, a través de la cual la semilla absorbe agua para iniciar el proceso de germinación.
- **Rafe:** Es un leve abultamiento situado en el lado opuesto al micrópilo, también cercano al hilum. Se origina de la unión del funículo con los tegumentos externos del óvulo.

Internamente la semilla está compuesta principalmente por el embrión, que a su vez está formado por la plúmula, las dos hojas primarias, el hipocótilo, los dos cotiledones que almacenan las reservas nutritivas y la radícula.

Figura 6

Semilla de frijol



Fuente: Valladolid, 2001

4.3.3. Fenología del frijol

(Yzarra y López, 2017) La fenología del frijol se refiere al ciclo de desarrollo y crecimiento de la planta. La fase vegetativa incluye las siguientes etapas: germinación, emergencia, desarrollo de hojas primarias, aparición de la primera hoja trifoliada, aparición de la tercera hoja trifoliada, fase reproductiva: prefloración, floración, formación de vainas, llenado de vainas y maduración.

Las etapas de desarrollo de la planta de frijol se, se describen a continuación:

Germinación: Cuando la semilla comienza a absorber agua y activar sus procesos metabólicos, iniciando el desarrollo del embrión.

Emergencia: Inicia cuando los cotiledones (primeras hojas del embrión) emergen y se hacen visibles a nivel del suelo, marcando el comienzo del crecimiento de la planta.

Hojas primarias: Inicia cuando las hojas primarias de la planta se despliegan completamente. Estas hojas primarias son las primeras en salir.

Primera hoja trifoliada: Se alcanza cuando la primera hoja trifoliada está completamente abierta. Los folíolos de esta hoja se ubican en un plano y por debajo de las hojas primarias, las cuales ya han terminado su desarrollo.

Tercera hoja trifoliada: Comienza cuando la tercera hoja trifoliada se despliega.

Esta hoja se encuentra debajo de la primera y segunda hoja trifoliada lo que indica que la planta está entrando en una fase de crecimiento.

Prefloración: Durante esta fase se inicia el desarrollo reproductivo con la aparición del primer botón o racimo floral, dependiendo del tipo de hábito de crecimiento de la planta.

En las variedades de crecimiento determinado, se forma típicamente un botón floral individual, lo que marca el inicio de la floración terminal. mientras que en variedades de crecimiento indeterminado se desarrolla un racimo floral, que permite la floración continua en el tiempo conforme la planta sigue creciendo.

Floración: Marca el momento en que se abren las primeras flores de la planta.

Formación de vainas: En esta etapa, aparece la primera vaina con la corola de la flor colgando o recientemente desprendida. La vaina es el órgano donde se desarrollarán las semillas.

Llenado de vainas: Las primeras vainas empiezan a llenarse, comienzan el crecimiento activo de las semillas.

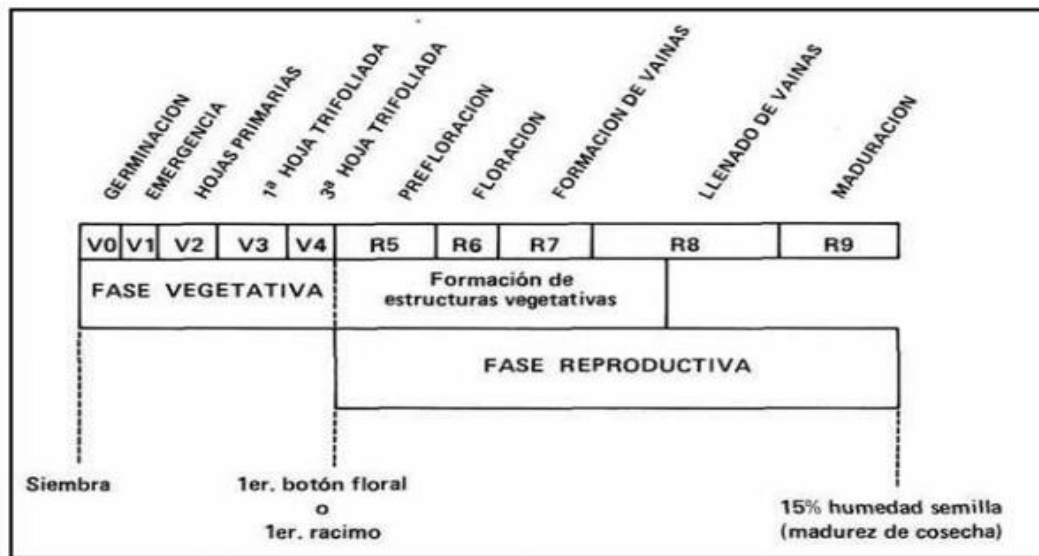
Maduración: La planta llega a la fase de maduración cuando las primeras vainas empiezan a decolorarse y secándose. Las semillas van adquiriendo la forma, solidez y color típico de la variedad, lo que indica que están listas para la cosecha.

Etapas de desarrollo de la planta

Una escala como la propuesta por **(Fernández, Gepts y López, 1982)**, basada en la morfología y en los cambios fisiológicos de la planta de frijol durante su ciclo biológico, es una herramienta útil para tomar decisiones agrícolas adecuadas. Esta escala se divide en dos fases principales: vegetativa y reproductiva y comprende 10 etapas, numeradas del 0 al 9.

Figura 7

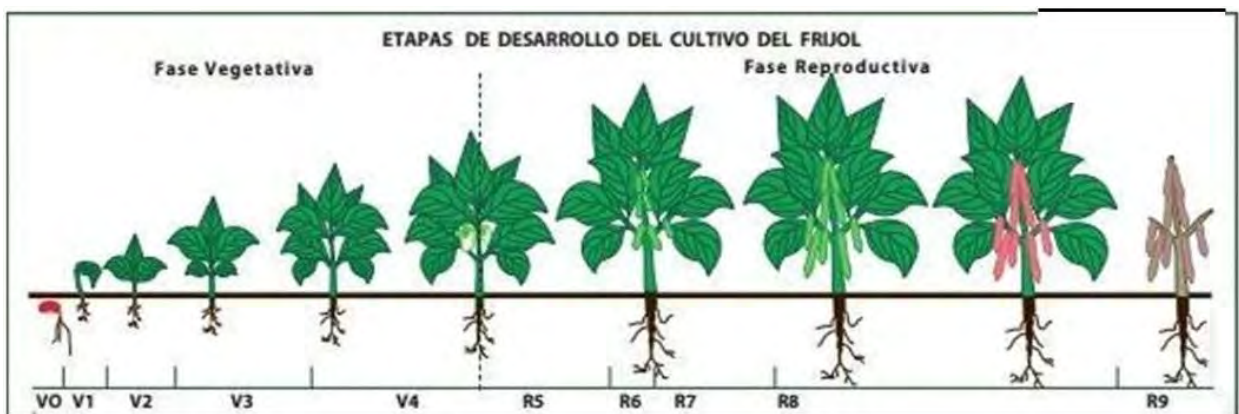
Etapas del desarrollo del cultivo de frijol



Fuente: CIAT, 1982

La duración de las etapas de desarrollo está determinada por dos factores principales: el genotipo (hábito de crecimiento y precocidad de la variedad) y el clima (luz y temperatura), tal como se muestra en la siguiente figura.

Figura 8



Etapas de desarrollo de cultivo de frijol

Fuente: CIAT, 1982

4.3.4. Fisiología

Espinoza, E. (1990); menciona

- La fisiología del frijol está influenciada por factores genéticos y el ciclo vegetativo, los cuales dependen según de la variedad de frijol cultivada.
- Las condiciones ambientales, como la densidad de siembra, el tipo de suelo y otros factores externos, tienen un impacto que pueden afectar en las características de patrón de crecimiento de la planta.
- La velocidad de germinación de la semilla de frijol varía según las condiciones de temperatura y la humedad del suelo, que favorezcan una germinación rápida y uniforme.
- El ciclo vegetativo del frijol tiene una duración aproximada entre 90 a 120 en función de factores como la temperatura ambiental, la variedad cultivada y su sensibilidad fotoperiódica (respuesta a la duración del día). Esto implica que la duración del ciclo puede cambiar según la zona geográfica y las condiciones climáticas locales.
- El frijol por ser una planta leguminosa, tiene la capacidad de utilizar el nitrógeno atmosférico en un proceso simbiótico con bacterias nitrificantes del género *Rhizobium* (*Rhizobium phaseoli*) lo cual es beneficioso tanto para la planta como para el suelo, ya que mejora la fertilidad del suelo y reduce la necesidad de fertilizantes nitrogenados.

4.3.5. Variedades de frijol y épocas de siembra en el Perú

La tabla 1 presenta los periodos de siembra recomendados para las principales variedades de frijol cultivadas en la costa y sierra del Perú, según el calendario agrícola y las condiciones climáticas predominantes en cada región.

Tabla 1.*Época de siembra de las variedades de frijol cultivadas en el Perú*

| VARIEDAD | ÉPOCA |
|------------------------------|--------------------|
| Costa norte | |
| Canario 2000 INIA | Marzo - Junio |
| Canario Centinela | Marzo - Junio |
| Canario Chinchano | Marzo - Junio |
| Canario Huaralino | Marzo - Junio |
| Canario Barranquino | Marzo - Junio |
| Canario Centenario | Marzo - Junio |
| Costa central | |
| Canario 2000 INIA | Marzo - Junio |
| Canario Centinela | Febrero - Junio |
| Canario Chinchano | Febrero - Junio |
| Canario Huaralino | Febrero - Junio |
| Canario Molinero | Febrero - Junio |
| Canario Barranquino | Febrero - Junio |
| Canario Centenario | Febrero - Junio |
| Canario CIFAC 90105 | Marzo - Junio |
| Sierra(<3200 msnm) | |
| Canario 2000 INIA | Septiembre-Octubre |

*Fuente: Camarena et al., 2009***4.3.6. Frijol Canario centenario**

(Camarena et al., 2009), menciona que esta variedad de frijol proviene del programa de leguminosas de la UNALM. Además, se caracteriza por su alto rendimiento y la calidad de sus granos. Presenta una buena adaptación a las condiciones de la costa peruana, especialmente en épocas de siembras de invierno y primavera y también puede cultivarse en la sierra hasta altitudes de 2400 m.s.n.m. Algunas de las características agronómicas de esta variedad se detallan en la tabla 2. Cabe señalar que esta es la variedad que se empleará en la presente tesis.

Tabla 2.*Características del frijol Canario Centenario (Phaseolus vulgaris L.)*

| Parametros | Canario cv. Centenario |
|--------------------------------|---|
| Patron de crecimiento | Determinado |
| Habito de crecimiento | Arbustivo (Tipo I) |
| Periodo vegetativo | 110-220 dias |
| Densidad Poblacional | 150,000-214,000 Plantas /Ha |
| Altura de Planta | 50-60 cm |
| N° de vainas /planta | 15-30 |
| N° de granos /planta | 4 a 5 |
| Color de grano | Amarillo intenso brillante |
| Tamaño de grano | Mediano |
| Peso de 100 gramos | 50 a 55.5 gr |
| Forma de grano | Ovoide truncado |
| Calidad de grano | Muy buena |
| Dias de floracion | 50 dias |
| Dias de maduracion fisiologica | 90 dias |
| Dias de madurez de cosecha | 110 dias |
| Testa de la semilla | Septiembre-Octubre |
| Abonamiento | 80-60-60 NPK kg/Ha (Suelos de baja fertilidad) 40-40-40 NPK kg/Ha (Suelos de mediana fertilidad) |
| Cantidad de semilla | 60 a 70 kg/Ha (Siembra manual) 90 a 100 kg/Ha (Siembra mecanica) |
| Reaccion a enfermedades | * Virus del Mosaico Comun (BCMV): Resistente * Roya (Uromyces appendiculata : Tolerante |
| Rdto. Maximo promedio | * Costa (2,000 a 2,500 kg/Ha) * Sierra baja (1,500 a 1,800 kg/Ha) |
| Aceptacion comercial | Buena adopcion Costa Central, Costa Norte y Sur Siembras de marzo a mayo |

Fuente: PLGO.2008

4.3.7. Requerimientos edafoclimáticos

4.3.7.1. Suelo

(Meneses et al., 1996). Recomienda cultivar el frijol en suelos de textura franca bien drenados, con buena aireación y fertilidad moderada, así como niveles adecuados de materia orgánica. Gracias a la diversidad de cultivares disponibles, el frijol que presenta, una buena capacidad de adaptación a diferentes condiciones de suelo. No obstante, un factor crítico para su desarrollo es el pH del suelo, el cual no debe ser muy alcalino ya que esta especie es sensible a pH altos. El rango de pH ideal para su buen crecimiento se encuentra

entre 5.5 a 7.0, **(Chiappe, 1992)**. El suelo debe ser rico en materia orgánica, con una capacidad alta de drenaje su textura más recomendable es franco arenoso, ya que ayuda a prevenir los encharcamientos reduce el riesgo de enfermedades fungosas en las raíces y mejora la filtración del agua, **(Olivera, 2012)**

Desde el enfoque agronómico, al igual que otras leguminosas, el frijol desempeña un papel importante como mejorador del suelo, debido a su capacidad para aprovechar y fijar el nitrógeno atmosférico en el suelo **(Zaumayer, 1968)**.

4.3.7.2. Altitud

El frijol es una planta originaria de climas cálidos y templados. Se adapta bien a zonas tanto tropicales como templadas pudiendo cultivarse a altitudes que varían desde el nivel del mar hasta 3000 m de altitud, **(Chiappe et al., 2003)**

4.3.7.3. Temperatura

El frijol es muy sensible tanto a las heladas como a las temperaturas altas (por encima de los 30 °C). Las temperaturas mínimas óptimas para el desarrollo del cultivo de frijol varían según la fase fenológica. Durante la germinación se requieren temperaturas entre 8 a 12 °C; en la etapa de floración, el rango ideal es de 15 a 18 °C; mientras que, para la formación y desarrollo de vainas, las condiciones óptimas se encuentran entre 18 a 20 °C. Sin embargo, cuando las temperaturas superan los 28 °C, especialmente en cultivares locales o genéticamente sensibles que se cultivan en condiciones diferentes a las que mejor se adaptan, se pueden presentar desarrollo anormal, esterilidad floral, menor formación de vainas y abscisión (caída) de las flores; más aún cuando hay deficiente humedad en el suelo, en consecuencia, reducciones significativas en el rendimiento. **(Chiappe et al., 2003)**

4.3.7.4. Humedad relativa

Durante el periodo de floración, es importante que la humedad relativa sea superior al 50 por ciento para favorecer una adecuada polinización y formación de flores. Sin embargo, se debe tener cuidado, ya que a niveles excesivos de humedad en el suelo o una humedad relativa ambiental elevada pueden provocar intumescencia (hinchazón excesiva de los tejidos), especialmente en cultivares

de frijol con follaje abundante y vainas poco expuestas al sol. Esto puede perjudicar a su desarrollo de la planta y reducir la productividad del cultivo. **(Kay Daysi, 1985)**

4.3.7.5. Luz

La luz cumple un papel importante en la fotosíntesis, así como en la morfología y la fisiología de las plantas. En particular, La radiación solar actúa como un factor clave en los procesos físicos, biológicos y bioquímicos que regulan el crecimiento y desarrollo vegetal. En el caso del frijol, es un cultivo de días cortos lo que significa que su ciclo de desarrollo depende de la duración del día. Bajo condiciones óptimas el frijol puede completar su ciclo de crecimiento y llegar a la cosecha en un periodo entre 100 y 130 días, siempre que no enfrente problemas bióticos (plagas y enfermedades) o abióticos (condiciones climáticas desfavorables). **(Singh, 1999).**

La luz solar es un factor determinante en la fotosíntesis y el crecimiento del frijol, influyendo en la floración y el llenado de vainas. En las condiciones de la costa peruana, la alta radiación favorece el desarrollo vegetativo y el rendimiento del cultivo **(MINAGRI, 2015; INIA 2022).**

4.3.7.6. Agua

El recurso hídrico constituye un factor clave en la producción de frijol, debido a la alta sensibilidad del cultivo tanto al déficit como al exceso de agua. Cuando hay demasiada humedad del suelo, especialmente en suelos de textura pesada, puede generar efectos perjudiciales similares a los de la sequía, marchitamiento, pudrición de raíces y caída de flores o vainas. Las necesidades del frijol varían entre los 500 a 700 milímetros de lámina. **(Camarena et al.,2009)**

(Salazar, 1969) El mayor consumo de agua en el cultivo de frijol ocurre en la profundidad de 0 a 30 cm del suelo.

Además, hay un nivel crítico de humedad del suelo que está directamente relacionado con el clima, el cual es esencial para el proceso de floración.

La eficiencia en el uso del agua por parte de las plantas no solo depende de la cantidad de agua aplicada, sino también de la frecuencia del riego.

4.4. Rendimiento y sus componentes

Los componentes del rendimiento son aquellos factores morfológicos y fisiológicos que influyen, de manera directa o indirecta en la cantidad de producción. En el caso del frijol los principales factores morfológicos que afectan el rendimiento son: la cantidad de vainas por planta; el número de granos por vaina y el peso seco de los granos. Para obtener los rendimientos mencionados, la siembra debe realizarse en la época adecuada, ya que, si fuera época, los rendimientos pueden reducir (**Restrepo y Liang, 1979**)

Tabla 3.

Producción anual y rendimiento de frijol en el Perú.

| Departamento | Superficie sembrada | Superficie cosechada | Produccion | Rendimiento |
|---------------|---------------------|----------------------|--------------|-------------|
| | (Ha) | (Ha) | (Ton) | (Kg/Ha) |
| Cajamarca | 17534 | 12964 | 11076 | 854 |
| Huancavelica | 5086 | 4293 | 7917 | 1844 |
| Apurimac | 4751 | 3976 | 7495 | 1885 |
| Amazonas | 8746 | 8228 | 5858 | 712 |
| Piura | 6594 | 6445 | 5019 | 779 |
| Loreto | 4325 | 4378 | 4590 | 1048 |
| Junin | 4135 | 4088 | 4453 | 1089 |
| Arequipa | 2919 | 2911 | 4427 | 1521 |
| Huanuco | 3971 | 3596 | 4229 | 1176 |
| La Libertad | 2714 | 2738 | 3996 | 1459 |
| San Martin | 3191 | 3324 | 3334 | 1003 |
| Lima | 1489 | 1084 | 2682 | 2474 |
| Ayacucho | 2000 | 1926 | 2191 | 1138 |
| Ucayali | 1490 | 1352 | 1996 | 1476 |
| Cusco | 1243 | 1218 | 1990 | 1633 |
| Pasco | 1078 | 1033 | 1523 | 1474 |
| Ancash | 715 | 681 | 873 | 1282 |
| Puno | 504 | 504 | 583 | 1157 |
| Ica | 321 | 321 | 556 | 1730 |
| Lambayeque | 603 | 532 | 511 | 961 |
| Madre de Dios | 365 | 365 | 336 | 921 |
| Moquegua | 26 | 26 | 66 | 2549 |
| Tumbes | 3 | 5 | 6 | 1088 |
| TOTAL | 73803 | 65988 | 75707 | 1359 |

Fuente: DGSEP/DEA, 2018

En estudios recientes, realizados en el Perú, (**Vásquez et al. 2023**) reportaron que el año 2020 cosecharon 68,478 ha de frijol (*Phaseolus Vulgaris*), teniendo un rendimiento de 1,282.8 kg/ha. Por su parte, (**Huaringa 2004**) indica que la variedad “canario 2000”, alcanzó un rendimiento 2905.3 kg /ha. (**Camarena et al. 2009**) menciona que el frejol variedad canario 2000 INIA obtuvo un rendimiento de 2590 kg/ha. Según (**Ascensión 2019**), reportaron un rendimiento

en frijol canario 2000 variedad INIA de 2235.7 kg/ha. Según **(Albujar 2019)** el año 2018 la superficie cosechada de frijol grano seco fue de 73803 ha con rendimiento de 1359 Kg/ha. Para el año 2022, la superficie cosechada fue 68175 ha con rendimiento de 1286 Kg/ha **(DEIA 2022)**.

A nivel mundial, el frijol es la legumbre de mayor importancia ya que es un alimento básico en muchas regiones del mundo, como especial componente en la dieta de la población, en 2020 la producción mundial se concentró en siete países India, Myanmar, Brasil, Estados Unidos, China, Tanzania y México, los rendimientos variaron entre 767 y 846 kg/ha, con un promedio de 800 kg/ha. Entre los principales productores, Estados Unidos destaca por obtener los mayores rendimientos; especialmente en los estados de Dakota del Norte, Michigan, Nebraska, Minnesota y Idaho. **(FAO,2020)**

Tabla 4.

Rendimiento de frijol a nivel mundial, 2010 -2020.

| País | Rendimiento |
|----------------|-------------|
| | (tn/ha) |
| Estados Unidos | 2.4 |
| China | 1.8 |
| Myanmar | 1.5 |
| Tanzania | 1.3 |
| Brasil | 1.1 |
| México | 0.7 |
| India | 0.4 |
| TOTAL | 1 |

Fuente: FAO,2020

4.5. Plagas y enfermedades

Entre plagas y enfermedades que atacan al frijol tenemos:

- Virus del mosaico común (BCMV): provoca deformación y mosaico en las hojas, reduciendo el crecimiento y rendimiento del cultivo.
- Roya (*Uromyces appendiculatus*): Hongo que forma pústulas anaranjadas en el envés de las hojas, afectando la fotosíntesis.
- Pudriciones radicales (*Rhizoctonia solani*; *Fusarium solani* y *Macrophomina phaseolina*): deteriora el sistema radicular y provoca marchitez.

- Nemátodos (*Meloidogyne incognita*; *M. javanica*): Parásitos del suelo que generan agallas en las raíces, interfiriendo con la absorción de agua y nutrientes.
- Oidium (*Erysiphe polygoni*): Hongo que produce un polvo blanco sobre la superficie de las hojas, reduciendo la eficiencia fotosintética.
- Barrenadores de brotes y vainas (*Epinotia aporema*; *Laspeyrecia leguminis*): Perforan brotes tiernos y vainas, afectando directamente la producción.
- La Variedad Canario Centenario es Resistente a la roya (*Uromyces appendiculatus*), pero es susceptible a las demás enfermedades y plagas en la costa.

4.6. Riego

El uso correcto del agua en los sistemas agrícolas es fundamental para mantener la productividad económica e hídrica, definen que, “la eficiencia intrínseca del uso del agua constituye una característica fundamental para la productividad de un sistema vegetal”, ya que permite optimizar la conversión del recurso hídrico en bienes y servicios como biomasa, granos o fibras textiles, lo que traduce en un mayor rendimiento. **(Kuglitsch, 2008)**.

El riego consiste en la aplicación adecuada y uniforme de agua al perfil del suelo, con el fin de reponer el agua que ha sido consumida por los cultivos. Es importante destacar que el riego no se realiza directamente sobre la planta, sino sobre el suelo y no la planta, de este modo se repone en el suelo el agua consumida por los cultivos y evaporada por el suelo, para restituir al agua que ha sido utilizada por los cultivos y evaporada por el suelo.

Un buen sistema de riego no se limita a mojar uniformemente la superficie del suelo, sino que debe asegurar que el agua alcance de manera adecuada el perfil del suelo donde se encuentra la mayor concentración de raíces de la planta. **(Gurovich, 1985)**

Un riego que permite la optimización y uso racional del recurso hídrico responde a las siguientes preguntas:

- ¿por qué se debe regar?
- ¿cuándo se debe regar?

- ¿con cuánto se debe regar?
- ¿cómo se debe regar?

El riego es tanto una ciencia como un arte, que consiste en aplicar agua al suelo en las cantidades adecuadas y en el momento oportuno para asegurar que la planta pueda utilizarla de manera eficiente, especialmente en situaciones donde las lluvias son insuficientes para cubrir las necesidades hídricas del cultivo. **(Olarde, 2002)**

4.6.1. Objetivos del riego

- Aplicar el agua en la cantidad adecuada y en el momento oportuno para proporcionar a las plantas las mejores condiciones de humedad en el suelo lo que favorece el crecimiento de las plantas.
- Mejorar las condiciones ambientales, creando un entorno favorable para el desarrollo de los cultivos, optimizando el uso de recursos hídricos.
- Disolver los nutrientes del suelo, facilitando la disolución y disponibilidad de los nutrientes presentes en el suelo.
- Intensificar el uso del suelo, maximizando la eficiencia del uso de la tierra, permitiendo cultivos más productivos.
- Incrementar la productividad por m³ de agua utilizada, logrando un uso más eficiente del recurso hídrico.
- Para implementar un riego tecnificado, independientemente de la modalidad utilizada, es necesario considerar las siguientes precauciones:
 - Evitar la erosión hídrica del suelo y fomentar su conservación.
 - Aplicar el agua de forma uniforme y eficiente haciendo que el riego sea una actividad rentable y asegurando que todos los sectores del cultivo reciban la cantidad adecuada de agua de manera equitativa.
 - Distribuir el agua de una manera equitativa, para evitar áreas con exceso o déficit de humedad.
 - Evitar el lavado de nutrientes naturales o artificiales aplicados al suelo, de esa manera prevenir la pérdida de nutrientes esenciales.

- Evitar la acumulación de sales en el perfil del suelo.
- Aplicar de nutrientes mediante la fertirrigación
- Aplicación de la fertilización edáfica.
- Determinar lo turnos de riego para los dos tratamientos, en dos bloques aplicados en los dos sistemas de riego por goteo.
- Regar la mayor superficie posible. **(Olarde, 2002)**

4.7. Riego por goteo

El riego por goteo es un sistema de riego en el que el agua se suministra de manera controlada y precisa directamente al sistema radicular de las plantas a través de cintas con goteros. Este método permite una mayor eficiencia en el uso del agua, ya que se evita la pérdida de agua por evaporación o escorrentía, y se pueden aplicar dosis precisas de agua a las plantas el agua distribuye solo en las zonas donde es necesario, impidiendo el desperdicio de agua.

Además de esto, al no haber contacto del agua con las hojas, se reduce el riesgo de enfermedades fungosas y plagas, Por otro lado, el riego por goteo permite una mayor flexibilidad en cuanto a los cultivos, ya que se pueden observar diferentes tipos de plantas con diferentes necesidades hídricas en un mismo campo.

La aplicación del riego se realiza con el uso de la red de tuberías los cuales son tuberías de conducción y la distribución de PVC, laterales de riego pueden ser por cintas o mangueras con emisores o goteros estas están encargadas de entregar el agua en pocas cantidades de acuerdo a las necesidades hídricas del cultivo **(MINAGRI, 2015)**.

El riego por goteo se utiliza en muchas regiones áridas y semiáridas, sobre todo para reducir las desviaciones de agua y mejorar el rendimiento de los cultivos. Cuando se utiliza el riego por goteo superficial, el agua infiltrada en el suelo forma una zona húmeda de forma similar a un elipsoide, dependiendo de la descarga del emisor, del volumen total de agua aplicada y de las propiedades del suelo. **(Ogaidi et al. 2016)**

4.7.1. Componentes de un sistema de riego por goteo

(Lagos et al., 2018); menciona los siguientes componentes para el riego por goteo son:

Unidad de impulsión: Se encarga de impulsar el caudal generando una presión necesaria para el funcionamiento del sistema, se utilizan las bombas eléctricas.

Unidad de filtrado y fertilización: Compuesta por los filtros estos están encargados de limpiar el agua que sea suministrada al sistema de riego, los filtros ayudan a prevenir obstrucciones en las tuberías y los goteadores, ya que eliminan los sólidos en suspensión y las impurezas presentes en el agua, la fertilización a través del riego se realiza con el inyector Amiad facilita el aporte de fertilizantes a la planta mediante el riego.

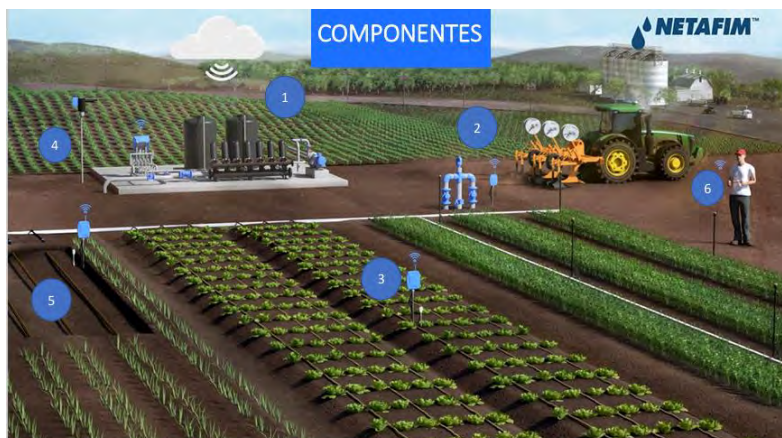
Elementos de regulación y control: Están ubicados en la red de conducción con la finalidad de regular y controlar el movimiento del agua en las tuberías, así como la válvula de aire.

Red de conducción y distribución: Es la tubería principal encargada de conducir el agua desde el cabezal de riego a las tuberías secundarias y terciarias hasta llegar al cultivo.

Emisores: Son los dispositivos que suministran el agua directamente al sistema radicular de las plantas, garantizando una distribución homogénea y precisa del agua, permitiendo una mayor eficiencia en el uso del agua y el cuidado del cultivo.

Figura 9

Componentes de un sistema de riego por goteo



Fuente: NETAFIM

4.8. Finalidades del riego

Los tipos de riego están estrechamente vinculados a las finalidades que cumple el agua en el proceso de producción. Las finalidades del riego son las siguientes: **(Gerbrandij, 1998)**

4.8.1. Riego para preparar la tierra

Un aspecto fundamental dentro de los sistemas de producción agrícola es la preparación adecuada de la tierra antes de la temporada de lluvias, utilizando las últimas lluvias para acondicionar el suelo para la siembra de la próxima época lluviosa. En las zonas andinas del Perú, el riego de preparación cobra gran relevancia, ya que es crucial para dejar el suelo en las condiciones necesarias para sostener al cultivo. Según la concepción de producción agrícola, éste es un primer riego de instalación, un abono para la tierra, que la prepara para el crecimiento del cultivo en forma óptima. **(Gerbrandij, 1998)**

4.8.2. Riego para asegurar la producción

Durante el desarrollo de las fases del cultivo, se requieren reponer al suelo las láminas de agua perdidas a través de la evapotranspiración, los mismo que se deben reponer mediante la aplicación de láminas de agua a través del sistema de riego por goteo, en las cantidades y tiempos oportunos, a estos riegos, se suma la aplicación de la fertiirrigación en la aplicación de los sistemas de riego, los mismos que permitirán asegurar los rendimientos y la producción agrícola efectiva y eficiente. **(Gerbrandij, 1998)**

4.8.3. Riego para mejorar la calidad del suelo

La primera labor en la preparación del suelo consiste en la incorporación del rastrojo del cultivo anterior y de las malezas las cuales suelen actuar como hospederas de plagas y enfermedades. Esta actividad debe realizarse con anticipación a la siembra, a fin de asegurar una adecuada descomposición de la materia orgánica. Para facilitar este proceso, se recomienda triturar el rastrojo y las malezas, para acelerar la descomposición. La incorporación se realiza mediante una aradura, seguida de dos pases cruzados de rastra y finalmente se surca para el riego de remojo o machaco con fines de mejorar la calidad de suelo, optimizando las condiciones para la siembra. **(Gerbrandij, 1998)**

4.8.4. Manejo de suelos para mantener la humedad

Aparte de las diferentes formas de riego que existen para suministrar más agua al suelo, es notoria la cantidad de técnicas que hay para almacenar y mantener el agua dentro del suelo, ello permite adaptar el riego a los momentos en que se dispone de agua, en vez de adecuar, en forma artificial la aplicación del agua al momento en que los cultivos bajo riego la requieran. Así en los valles, se conoce la técnica del apisonamiento de la tierra después de haber sembrado y regado de manera que se rompe la capilaridad y se disminuye la pérdida de agua por evaporación. **(Gerbrandij, 1998)**

4.8.5. Definición y propósitos de un sistema de riego

El riego se refiere a la aplicación de manera artificial de agua al suelo, proveniente de una fuente. para el cultivo, los almácigos, para preparar la tierra, sembrar, entre otros. Para realizar el riego, es esencial contar con una fuente de agua, un sistema de captación que extraiga el agua desde la fuente y canales que la transporten hacia las parcelas a regar, lo que constituye la infraestructura de transporte y la zona de aplicación conforma un sistema integral, conocido como sistema de riego. **(Gerbrandij, 1998)**

Cuando se construye un sistema de aprovechamiento hidráulico, se parte de que existe una necesidad hídrica de los cultivos que debe ser satisfecha. En el caso de un sistema de riego dichas necesidades se atienden mediante la reducción de bienes agrupados tal como se indica a continuación: **(Grassi, 1985)**

4.8.6. El bulbo húmedo

Es la región humedecida por un emisor de riego por goteo. Los goteros aplican el agua sobre la superficie del suelo, en el cual se forman con el movimiento del agua en el suelo formas y dimensiones de forma elipsoidal. en esta zona se desarrolla el sistema radicular de las plantas **(Pizarro, 1996)**

4.9. Fertirriego

El fertirriego, es la aplicación del fertilizante conjuntamente con el agua de acuerdo a los requerimientos de la planta **(M. M. Fernández & García, 2014; Mazuela & de La Riva, 2014)**

Por otro lado, para realizar el fertirriego, es importante tomar en cuenta la transpiración de la planta, evaporación del agua del suelo, consumo de agua por las plantas **(Cisneros, 2003)**, “análisis de suelo, análisis de agua, análisis de solución del suelo, análisis foliar, análisis de extracto celular de pecíolo y análisis bromatológicos” **(Navarro, 2002, p. 10)**.

4.10. Diseño agronómico para riego por goteo

A partir de la información generada para la zona de estudio se realizarán los cálculos correspondientes para un buen diseño agronómico, que consistirá en calcular datos necesarios para el manejo de riego por goteo en todas sus etapas de desarrollo tomando en cuenta la dosis de riego, frecuencia(días) y el tiempo de riego **(Valverde, 2022)**, es la etapa parte más importante de un sistema de riego, determinará la dosis de agua necesaria para su instalación en función a la demanda máxima de agua por el cultivo **(R. Fernández, Yruela, Milla, et al.2010)**.

4.10.1. Evaporación

FAO riego y drenaje 56; indica que la evaporación es el proceso mediante el cual el agua en estado líquido se transforma en vapor de agua (vaporización) y posteriormente es removida de la superficie evaporante (remoción de vapor). Este fenómeno ocurre en diversas superficies, como lagos, ríos, caminos, suelos y plantas mojadas. Para cambiar el estado de las moléculas del agua de líquido a vapor se necesita energía. La energía cual proviene de la radiación solar directa, y en menor medida, de la temperatura ambiente del aire, suministran esta energía. La fuerza impulsora que permite la remoción del vapor de agua desde una superficie evaporante es la diferencia entre la presión del vapor de agua en la superficie evaporante y la presión de vapor de agua de la atmósfera circundante.

Cabe señalar que la evaporación y la transpiración ocurren de forma simultánea, Por ello en muchos casos resulta difícil distinguir claramente entre ambos procesos, razón por la cual se agrupan bajo el término evapotranspiración.

Durante las etapas iniciales del cultivo, la mayor parte del agua se pierde por evaporación directa desde la superficie del suelo. Sin embargo, a medida que las plantas crecen y el follaje se desarrolla hasta cubrir completamente el suelo, la transpiración se convierte en el proceso principal de pérdida de agua.

En la etapa de siembra, casi el 100% de la evapotranspiración (ET) se origina por evaporación, mientras que cuando la cobertura vegetal cubre completamente el suelo, más del 90% de la ET es transpiración.

4.10.2. Transpiración

Según el **estudio FAO sobre riego y drenaje 56** la transpiración es el proceso mediante el cual el agua líquida contenida en los tejidos vegetales se convierte en vapor y se libera hacia la atmósfera. Este fenómeno ocurre principalmente a través de las estomas, pequeñas aberturas ubicadas en la superficie de las hojas que permite el intercambio de gases entre la planta y la atmósfera. La vaporización del agua ocurre dentro de la hoja, específicamente en los espacios intercelulares del mesófilo. El intercambio de vapor con la atmósfera es regulado por la apertura y cierre de las estomas, lo que permite a la planta controlar la pérdida de agua y mantener su equilibrio hídrico.

La mayor parte del agua absorbida por las raíces desde el suelo se pierde a través del proceso de transpiración y solo una pequeña fracción de esta agua es aprovechada en la formación de los tejidos vegetales. Al igual que la evaporación directa, la transpiración depende por diversos factores. Como la energía disponible, el gradiente de presión del vapor y la velocidad del viento influyen directamente en el proceso de transpiración. Por ello, la radiación, la temperatura del aire, la humedad atmosférica y el viento son determinantes en su proceso. Además, la transpiración no solo depende del tipo de cultivo, sino también por su estado de desarrollo, el entorno en el que se produce y su manejo, los cuales deben ser considerados al evaluar la transpiración.

4.10.3. Evapotranspiración

Es la combinación de la transpiración y la evaporación estas ocurren simultáneamente y no se pueden distinguir, en ese proceso se pierde el agua de la superficie del suelo y de las hojas del cultivo, esta expresada en milímetros por

una unidad de tiempo pueden ser horas, días, meses o periodos, la pérdida de 1mm de agua es igual a 10m³ de agua perdidos en una hectárea **(FAO, 2006)**

Cuando existe más temperatura vientos fuertes y aire seco ocasionan altas perdidas de agua respecto al suelo y por las plantas sin embargo si hay temperaturas bajas, vientos suaves y aire húmedo las pérdidas de agua por transpiración son bajas, **(Cisneros, 2003)**

Evapotranspiración de referencia ET_o

Es la evapotranspiración referido a un cultivo en específico o de referencia, **(Pino, 2021)**; es el proceso que se produce sin limitaciones de agua en una superficie de referencia es denominado por ET_o, su definición se usa para evaluar la demanda de la evapotranspiración de la atmósfera sin considerar el desarrollo y los manejos del cultivo; los únicos factores que afectan a la evapotranspiración de referencia son los datos climáticos sin considerar las características del cultivo y las los factores del suelo, por ello, se puede calcular usando los datos meteorológicos.

Evapotranspiración del cultivo (ET_c)

Es la cantidad de agua que es realmente utilizada por la evapotranspiración con las condiciones de la atmósfera y la humedad actual del suelo, su cálculo es más complicado esto debido a que las condiciones atmosféricas influyen en la evapotranspiración potencial y de referencia **(FAO, 2006)**

Según **(FAO, 2006)**, su cálculo se realiza mediante la siguiente fórmula:

$$ET_c = ET_o * K_c$$

Donde:

ET_c = Evapotranspiración del cultivo (mm / día)

ET_o = Evapotranspiración de referencia (mm / día)

K_c = Coeficiente de cultivo

Coeficiente del cultivo

Es la variación del coeficiente, en el proceso de desarrollo de crecimiento del cultivo, estos cambios están representados por una curva del coeficiente del cultivo el cual representa la variación del cultivo en todo su desarrollo para la curva del coeficiente se necesitan tres valores; la etapa inicial ($K_{c_{ini}}$), la etapa mediados ($K_{c_{med}}$) y la etapa final ($K_{c_{fin}}$), **(FAO, 2006)**

Para el cultivo de frijol (canario centenario) **(Pérez et al., 2021)**; menciona sus valores de K_c son las

siguientes:

K_c inicial = 0.56

K_c mediados = 0.19

K_c final = 0.81

4.10.4. Cálculo de láminas de riego

Es la cantidad de agua que una planta precisa para su desarrollo y producción, el cual cambia según los factores climáticos es conocido también como la dosis o volumen de riego es expresado en mm o m^3/ha , **(Zegarra, 2019)**.

Capacidad de campo (CC)

Es el contenido de agua que hay en el suelo, después de realizar el riego o que haya producido la lluvia y el agua se haya retribuido en el suelo, **(Cosio et al., 2016)**; contenido de humedad en el suelo después de dejar drenar el suelo saturado durante 48 a 71 horas, comprendidas entre -0.1 y -0.3 atm, **(Jaramillo, 2002)**.

Punto de marchitez permanente

Se define como el contenido de humedad en el suelo en el cual una planta se marchitan irreparablemente **(FAO, 2006)**, este presenta el punto mínimo de humedad del suelo por el cual una planta tiene una pérdida de turgencia en las hojas el cual no se puede recuperar, **(Aparecido et al., 1996)**

Densidad aparente

Es el peso del suelo seco en su fase sólida y gaseosa esta entre 1 g/cc a 1.8 g/cc, por una unidad de volumen el cual es inalterado (**López, 2017**), esta referido a la unidad de masa seca del suelo el cual está a 105 – 110 °C con el volumen total incorporado el espacio permeable nos da a conocer el grado de compactación de un suelo lo que convierte los porcentajes de humedad gravimétrica en humedad volumétrica, (**Aparecido et al., 1996**).

Profundidad efectiva de raíz (z)

Es el espacio en el que la raíz de una planta puede llegar a introducirse en el suelo buscando nutrientes y agua. Según (**FAO, 2006**), la profundidad efectiva (z) del frijol es de 0.20 – 0.30 cm.

(**Baca et al., 2010**); menciona que se debe considerar el 90 % del sistema radicular de la profundidad total de la raíz.

para calcular la lámina neta.

Lamina neta

Se refiere al volumen de agua aplicado en el suelo por cada riego, su unidad de medida está expresado en mm de altura de agua aplicada (**Zegarra, 2019**).

(**Pizarro, 1996**); menciona la siguiente fórmula para hallar la lámina neta.

$$Ln_{ini} = \left(\frac{CC - PMP}{10} \right) * Da * z$$

Lamina neta final

Es la cantidad de agua que se encuentra disponible el cual puede perder el cultivo, sin afectar el desarrollo y producción del cultivo.

$$Ln_{final} = \left(\frac{CC - PMP}{10} \right) * Da * z * f$$

Ln_{ini} = Lamina neta (mm/ día)

CC = Capacidad de campo (%)

PMP = Punto de marchitez permanente (%)

Da = Densidad aparente (%)
Z = Profundidad de raíz (cm)
F = factor de secamiento

4.10.5. Tiempo de riego

Es el intervalo de tiempo en la que una planta debe recibir agua, depende de la dosis del riego que se aplicará; **(Briceño et al., 2012)**.

Donde:

$$Tr = \frac{Nt \times F}{p}$$

Tr = tiempo del riego en horas

Nt = Necesidades totales (mm/día)

F = frecuencia de riego

P = precipitación horaria mm/hora

4.10.6. Frecuencia de riego

Es la cantidad de veces y en un tiempo determinado en el cual se riega un cultivo **(R. Fernández, Yruela, Mila, et al., 2010)**

En los sistemas de riego localizado de alta frecuencia, el agua es aplicada en pequeños volúmenes y en intervalos cortos, con el objetivo de mantener niveles adecuados de humedad en la zona radicular y mejorar la eficiencia del uso del agua.

Una frecuencia de riego adecuada favorece el desarrollo vegetativo, la absorción de nutrientes y el rendimiento del cultivo. Sin embargo, frecuencias muy prolongadas pueden ocasionar estrés hídrico temporal en el cultivo, mientras que aplicaciones excesivas de agua en intervalos largos pueden sobrepasar el bulbo húmedo efectivo generando pérdidas por percolación profunda y lixiviación de nutrientes. **(Pizarro, 1996)**.

4.11. Sustrato

Se define como a un medio natural diferente al suelo pueden ser sintéticos, minerales u orgánicos, estas permiten que las raíces de las plantas se desarrollen y proporcionan los nutrientes necesarios para la planta, **(Pastor, 2000)**

4.11.1. Sustratos orgánicos

Estiércol de cuy

Es un nutriente, que ayuda en el desarrollo y crecimiento de las plantas, se puede usar en estado fresco o en descomposición, presenta una composición química de 2.6 % de nitrógeno, 3.1% de fosforo y 3.2% de potasio, **(Alas & Alvarenga, 2002)**

Estiércol de cabra

Es considerado como uno de los sustratos que aportan nutrientes a la planta, tienen un contenido de nitrógeno de 1.42 %, de fosforo de 0.18 %, y magnesio de 0.262 %; se recomienda que este sustrato pase por un periodo de descomposición para tener un pH adecuado para las plantas, **(Alas & Alvarenga, 2002)**

4.12. Definición de términos

Tabla 5.

Definición de términos utilizados en la investigación.

| Términos | Definición |
|------------------------|--|
| Riego por goteo | Es un sistema de riego localizado, que proporciona agua directamente en la zona de las raíces de las plantas en forma de gotas, lo que optimiza tanto el uso del agua como la absorción de nutrientes. |
| Bloques de riego | Número de unidades experimentales o número de tratamientos. |
| Frecuencias de riego | Cantidad de veces que se riegan las plantas en un determinado período en relación al ETc. |
| Estación meteorológica | Instalación destinada a medir y registrar diversas variables meteorológicas mediante un conjunto de dispositivos o instrumentos. |
| Eficiencia de riego | Es la cantidad de agua útil para el cultivo que permanece en el suelo después del riego, en comparación con la cantidad total de agua aplicada. |
| Uniformidad de riego | Indicador que todas las partes de una parcela regada reciben agua de forma uniforme o similar. |
| Rendimiento | Es la medida de la cantidad de producción en relación a un área determinada. |
| Turnos de riego | Momento en que debemos reponer el agua al suelo y que ha sido consumida. |
| Fertiirrigación | Es una técnica de abastecer nutrientes a las plantas a través de agua, el cual permite maximizar los rendimientos y reducir el impacto ambiental. |
| Tratamientos | Condiciones experimentales que se desean comparar en el experimento o investigación. |
| Volumen de agua | Es el consumo de agua total, que se obtiene de la sumatoria de las láminas de riego, en función al área de la investigación, en m ³ /ha. |

Fuente: Elaboración propia

V. DISEÑO DE INVESTIGACIÓN

5.1. Tipo de investigación

Experimental, Porque es un estudio que consiste en la investigación, elaboración y desarrollo de una propuesta de un modelo operativo en una parcela de investigación.

5.2. Ubicación espacial de la investigación

5.2.1. Ubicación espacial

Ubicación política

| | |
|-----------|---|
| Región | : Lima |
| Provincia | : Lima |
| Distrito | : La Molina |
| Localidad | : Centro de Investigación en Extensión de Riego. (CIER) UNALM- NETAFIM |
| Parcela | : Lote 14 |

Ubicación geográfica

| | |
|----------------|--------------------|
| Latitud sur | : 12° 04' 49.29" S |
| Longitud oeste | : 76° 57' 5.49" W |
| Altitud | : 259.8 msnm |

Ubicación hidrográfica

| | |
|-------------|-------------|
| Cuenca | : Rímac |
| Sub cuenca | : La Molina |
| Microcuenca | : UNALM |

Zona de Vida

Según el sistema de clasificación de zona de vida según Holdridge, el área de estudio ubicada en la Universidad nacional Agraria La Molina de Lima, corresponde a la zona de vida **desierto desecado subtropical (dd -S)**.

Figura 10

Ubicación del área de estudio



Fuente: Elaboración Propia

5.3. Ubicación temporal

Inicio: octubre de 2023

Finalización : febrero 2024

5.4. Materiales y método

Diagnóstico: Se recopiló información relacionada al área disponible del terreno donde se desarrollará la investigación, identificación de los principales componentes de los sistemas de riego presurizado, fuente y disponibilidad de oferta hídrica, determinación de las características físico químicas de los suelos,

característica del cultivo, parámetros climatológicos, entre otros, para luego procesar e interpretar en gabinete.

5.4.1. Material biológico

- 4 kilos de semillas de frijol canario variedad centenario, obtenidas del programa de leguminosas de la UNALM.

5.4.2. Insumos agrícolas

- Guano de cuy 8 sacos
- Guano de cabra 8 sacos.

5.4.3. Materiales y herramientas de campo

Materiales:

- TDR 150 (Time Domain Reflectometry) instrumento para medir la humedad instantánea del suelo en porcentaje volumétrico.
- Manómetro (atm.)
- Libreta de campo
- Cronómetro
- Caudalímetro o contómetro
- estación meteorológica automática DAVIS Instruments del Centro de Investigación y Extensión en Riego.
- Infiltrómetro de anillos concéntricos
- Bolsas de polietileno
- Muestreadores de suelo tubos de PVC ¾"
- Muestreadores para medir pluviometría
- Probetas
- Regla milimetrada
- Cámara fotográfica
- Equipo de fertirrigación AMIAD

- Herramientas y Software Epanet y AutoCAD 2022, para los diversos diseños para todos los componentes de un sistema de riego por goteo.
- Software libre InfoStat y SAS: para análisis estadístico.
- Microsoft Office 2020: Excel, Word y Power Point.
- Calculadora
- Hojas de papel Bond
- Lapiceros

5.4.4. Materiales para el riego

Sistema de riego por goteo: incluye cabezal de riego de la FIA- UNALM y sus componentes, con el fin de asegurar que se cumpla la aplicación de la demanda de agua del cultivo de frijol canario centenario.

Entre herramientas y materiales se utilizaron:

- Manómetro de glicerina, 10 bares.
- Filtro mesh
- Válvulas.
- Cintas de goteo Streamline x cada 0.3 m de 25 mm
- Tubería FLEXNET HP de 3"
- Conectores de torción Twist lock tipo T de 25 mm
- Tubería de polietileno de 1"
- Válvulas manuales de PVC 1/2"
- Inyector de succión AMIAD

5.4.5. Insumos para fertilización

➤ Fertilizantes y dosis requeridos para el frijol canario centenario en condiciones del CIER-UNALM, con la fórmula de fertilización fue de 95 N; 48,98 P₂O₅; 75 K₂O; 18,35 CaO; 7 MgO kg/ha respectivamente, que se aplicó a través del riego por goteo y que se distribuyó de acuerdo con la demanda del cultivo (ETc), con una frecuencia de fertirriego de uno y dos días. Se aplicó a los 15 días DDS.

| | | |
|-----------------------|-------|---------------|
| - Fosfato Monoamónico | 25 kg | 4.8 g /min |
| - Nitrato de Potasio | 26 kg | 5.1 g /min |
| - Nitrato de Calcio | 15 kg | 2.9 g /min |
| - Sulfato de Magnesio | 2 kg | 0.4 g /min |
| - Ácido húmico | 2 Lt | 100 ml/ riego |

5.5. Metodología

➤ Información básica del campo experimental

Se realizaron 2 experimentos.

5.5.1. Tratamientos:

5.5.1.1 Variables evaluadas

Factor A

Rendimiento de Bloque I, Trat 1, Frecuencia de riego de 1 día, el tiempo se determinará en relación a la ETc.

Rendimiento de Bloque II, Trat 2, Frecuencia de riego de 2 días, el tiempo se determinará en relación a la ETc.

Con tres repeticiones.

Factor B

Volumen de agua utilizada en el Bloque I, Trat 1, Frecuencia de riego de 1 día, el tiempo se determinará en relación a la ETc.

Volumen de agua utilizada en el Bloque II, Trat 2, Frecuencia de riego de 2 días, el tiempo se determinará en relación a la ETc.

Con tres repeticiones.

Tratamientos

Tabla 6

Factores de Estudio

| N° | Clave | Combinaciones |
|----|--------------|------------------------------|
| T1 | FR1 Bloque 1 | Frecuencia de riego de 1 día |
| T2 | FR2 Bloque 2 | Frecuencia de riego de 2 día |

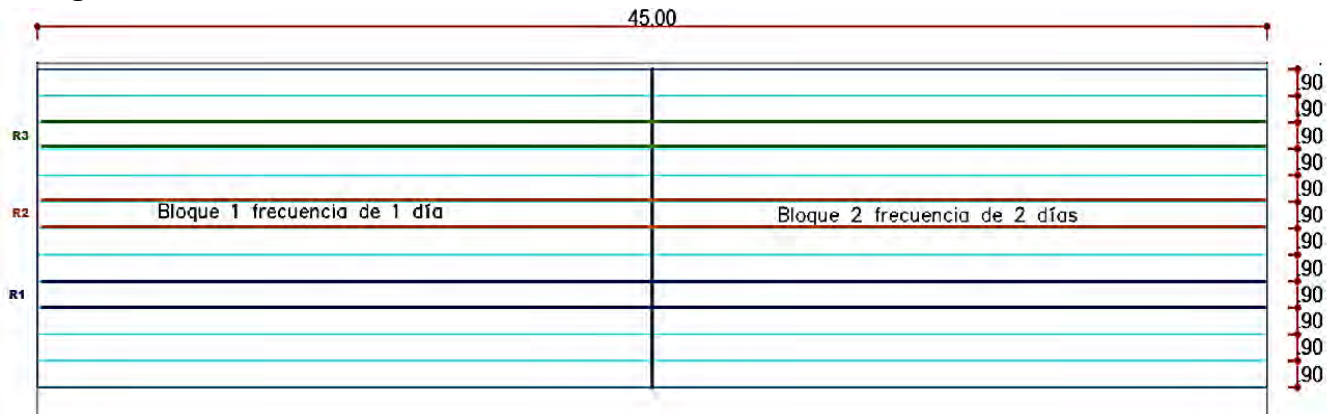
Figura 11



Distribución de tratamientos en la parcela de investigación

Fuente: elaboración propia

Figura 12



Distribución de repeticiones en la parcela de investigación

Fuente: elaboración propia

Tabla 7*Cuadro resumen con los factores, tratamientos y variables de estudio.*

| Factor | Nivel | Tratamientos | Variables | Unidad de medida |
|--|----------------|---|--------------------------|-------------------------|
| Factor A: Frecuencia de riego | A ₁ | Frecuencia de riego cada 1 día (ajustada según la ETC) | Rendimiento del cultivo | kg/ha |
| | A ₂ | Frecuencia de riego cada 2 días (ajustada según la ETC) | Rendimiento del cultivo | kg/ha |
| Factor B: Volumen de agua aplicada | B ₁ | Volumen de agua utilizada en Bloque I , tratamiento con frecuencia de riego de 1 día (según ETC) | Volumen de agua aplicada | m ³ /ha |
| | B ₂ | Volumen de agua utilizada en Bloque II , tratamiento con frecuencia de riego de 2 días (según ETC) | Volumen de agua aplicada | m ³ /ha |

*Fuente: elaboración propia.***Características del campo experimental****Dimensiones del área**

| | |
|----------------|----------------------|
| Largo | : 45 m |
| Ancho | : 13 m |
| Área utilizada | : 585 m ² |

Bloques

| | |
|-------------------------|----------------------|
| Número de bloques | : 2 |
| Largo de Bloque I | : 22m |
| Largo de Bloque II | : 23m |
| Ancho del Bloque I | : 13m |
| Ancho del Bloque II | : 13m |
| Área total de Bloque I | : 286 m ² |
| Área total de Bloque II | : 299 m ² |

| Unidad experimental | Exp. N° 1 | Exp. N° 2 |
|-----------------------------|------------------------|----------------------|
| Número de unidades | : 15 | 15 |
| Largo de surco | : 22m | 23 |
| Ancho de surco | : 0.90m | 0.90m |
| Distancia entre surcos | : 0.90m | 0.90m |
| Área total de surco | : 19.80 m ² | 20.70 m ² |
| Número de plantas por surco | : 66 | 69 |
| Número de surcos | : 15 | 15 |

Distanciamiento

Entre plantas : 0.30m

Entre hileras : 0.90m

N° total de plantas: 990 bloque I y 1035 bloque II

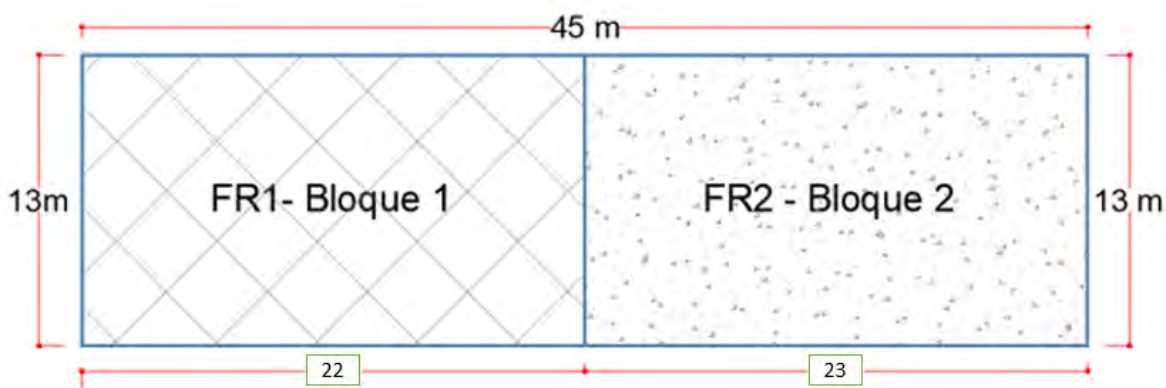
Croquis e imagen aérea del campo experimental

Figura 13: Imagen aérea de Dron y Croquis de parcela experimental



Fuente: Imagen aérea de campo experimental tomada con Dron (UAV) - elaboración propia.

Figura 14



Detalle lote 14: Diseño y ubicación de los bloques de investigación con cada uno de los tratamientos.

Fuente: Elaboración propia

5.5.2. Identificación de los recursos

a) Clima

Se obtuvieron registros de datos meteorológicos de la estación automática DAVIS Instruments, ubicada en el CIER-NETAFIM-UNALM, lo que permitió disponer de información más confiable para la zona de estudio.

El distrito de La Molina está ubicado geográficamente en la costa peruana, en una zona de transición que comprende la parte alta de la región Chala y la parte baja de la región Yunga, según la clasificación de Pulgar Vidal.

El clima predominantemente es templado. De abril a diciembre, el ambiente se caracteriza por mañanas nubladas y neblinas, acompañadas de ocasionales por ligeras lloviznas conocidas como garúa.

En la tabla 8 se presentan los promedios de los registros meteorológicos de la estación meteorológica automática DAVIS Instruments de la facultad de Ingeniería Agrícola de la UNALM para el período 2023–2024, que corresponde a la fase experimental de los meses de octubre a febrero. Durante este periodo se observa una temperatura máxima de 25.4°(febrero) y una mínima de 18.6°(octubre). Además, presenta una precipitación promedio mensual mínima de 0.0 mm (oct) y máxima de 0.4 mm (noviembre), evapotranspiración máxima de 4.50 mm (marzo) y mínima de 2.68 mm (octubre).

Tabla 8

Condición climática del Centro de Investigación en Extensión de Riego

| Condiciones climáticas (Promedio) | Octubre | Noviembre | Diciembre | Enero | Febrero | Marzo |
|-----------------------------------|---------|-----------|-----------|-------|---------|-------|
| Temperatura (°C) | 18.6 | 19.5 | 21.2 | 23.9 | 25.4 | 24.1 |
| Precipitación (mm) | 0.0 | 0.4 | 0.4 | 0.0 | 0.4 | 1.20 |
| Humedad Relativa (%) | 88.2 | 82 | 86.3 | 83.5 | 81.6 | 83.7 |
| ETo | 2.68 | 3.1 | 3.43 | 3.58 | 4.1 | 4.5 |

Fuente: Estación meteorológica automática DAVIS Instruments de la Facultad de Ing. Agrícola – CIER- UNALM.

Al realizar la comparación de los valores de Eto, para sustentar la confiabilidad de los datos empleados en la presente investigación, mediante el aplicativo Eto calculator versión 3.2 de la FAO, se verificó después de ingresar datos meteorológicos de la estación automática, los datos obtenidos, con el Software WeatherLink, Lo que permite validar la confiabilidad de los mismos.

Figura 15

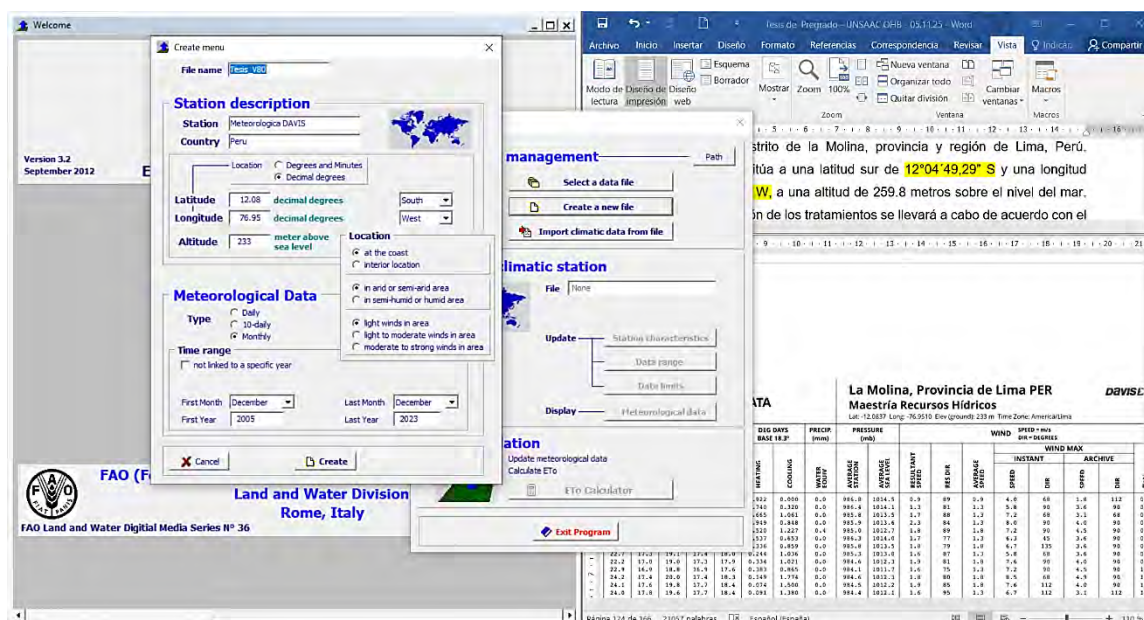


Imagen de datos obtenidos mediante el Software Eto calculator FAO

Fuente: Software Eto calculator FAO.

ETo calculator

ETo

Data and ETo menu

Station Country File

Input data description | **Meteorological data and ETo** | Plot data | Export results

| Month | | November | December | January |
|----------------------|------------|----------|----------|---------|
| Year | | 2023 | 2023 | 2024 |
| Tmax | °C | 23.0 | 25.0 | 28.0 |
| Tmean | °C | 18.6 | 21.2 | 23.9 |
| Tmin | °C | 16.5 | 18.6 | 21.0 |
| R _h mean | % | 82.0 | 86.3 | 83.5 |
| e _a (act) | hPa (hbar) | 85.0000 | 85.0000 | 85.0000 |
| u(10) | m/sec | 1.40 | 1.60 | 1.60 |
| n | hour/day | 12.30 | 12.49 | 12.50 |
| ETo | mm/day | 4.6 | 4.9 | 5.3 |

Fuente: Software Eto calculator FAO.

b) Cultivo

El cultivo que se instaló en el proyecto de investigación fue el cultivo de frijol (*Phaseolus Vulgaris* L.) de la variedad Canario Centenario para el que se determinó las necesidades hídricas en base a la información de la estación meteorológica automática DAVIS Instruments para poder evaluar los rendimientos de cada bloque de investigación.

5.6. Descripción de actividades

5.6.1. Análisis de suelo y agua

a) Fuentes de abastecimiento de agua para riego

El sistema de riego tuvo como fuente de abastecimiento el reservorio del CIER de la UNALM, proveniente del río Rímac, conducido a través de tuberías y accesorios conectados de PVC de 1 ½", instaladas en el área hacia la parcela de investigación que conducen caudales requeridos de 1056 l/h y 1260 l/h para irrigar los dos tratamientos en un área total de 585 m², para lo que fue necesario tomar una muestra para su respectivo análisis en laboratorio y así determinar su calidad para uso con fines de riego, mediante un análisis de agua.



Fotografía N° 2: muestra de agua tomada del reservorio del CIER- Fac. Ing. Agrícola- UNALM

El análisis de la muestra de agua proveniente del reservorio en mención se detalla en la tabla 9. Los resultados obtenidos se detallan en dicha tabla, mientras que el documento original que respalda esta información se encuentra (en el anexo 1)

Tabla 9*Características físico-químicas del agua de riego.*

| Parámetro | Valor | Unidad |
|--|--------------|--------|
| Conductividad Eléctrica (CE) | 0.75 | dS/m |
| pH | 7.80 | |
| Calcio (Ca) | 3.04 | meq/l |
| Magnesio (Mg) | 1.05 | meq/l |
| Sodio (Na) | 3.49 | meq/l |
| Potasio (K) | 0.23 | meq/l |
| SUMA DE CATIONES | 7.82 | meq/l |
| Cloruro | 1.42 | meq/l |
| Sulfato | 0.34 | meq/l |
| Bicarbonato | 5.94 | meq/l |
| Nitratos | 0.00 | meq/l |
| Carbonatos | 0.00 | meq/l |
| SUMA DE ANIONES | 7.70 | meq/l |
| SAR | 2.44 | |
| CLASIFICACIÓN | C2-S1 | |
| Boro | 1.04 | meq/l |
| Alcalinidad total mg CaCO ₃ l ⁻¹ | 297.21 | |
| Fosforo mg PO ₄ l ⁻¹ | 4.30 | |

Fuente: Laboratorio de agua, suelo, medio ambiente y fertirriego-FIA-UNALM, 2023

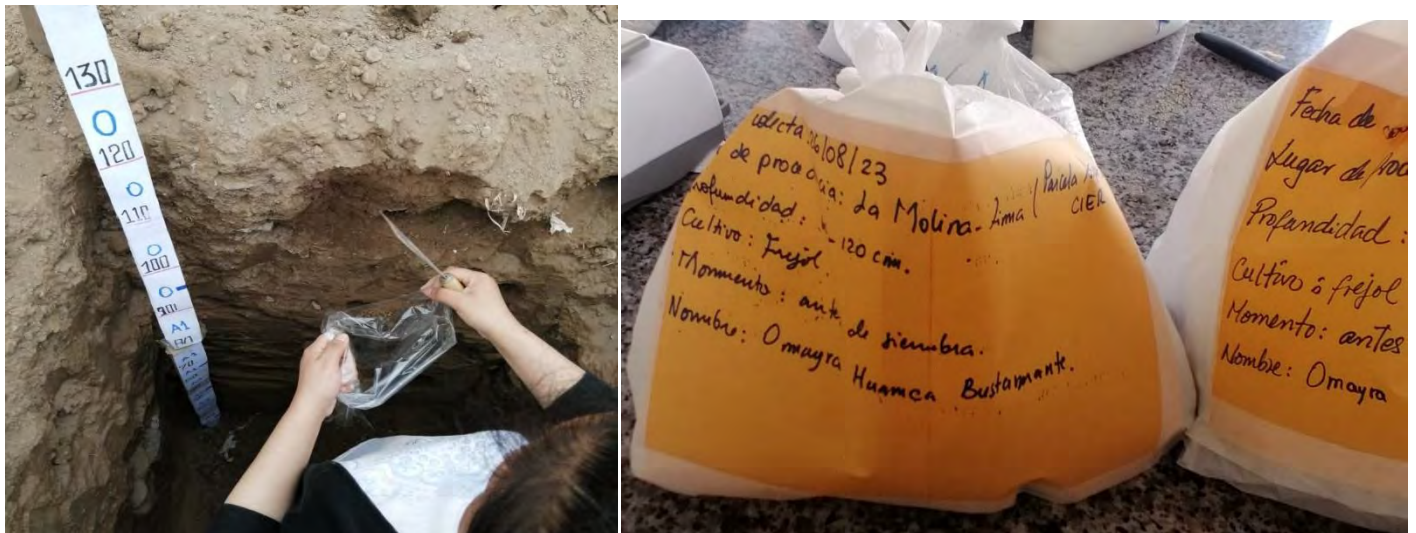
Del análisis mostrado, el pH es de 7.8, el cual es ligeramente alcalino, su CE asciende a 0.75 dS/m y se clasifica como **C2S1**, que indica mediante la interpretación salinización Alto y alcalinización baja, por consiguiente, el agua requiere de un manejo técnico, es apta para el riego, puede usarse en casi todos los suelos.

b) Características del suelo

Se realizó un muestreo y toma de muestras de suelo cada 30cm para el respectivo análisis edáfico en laboratorio, para el cual se apertura una calicata en un punto estratégico para observar el perfil y definir los horizontes del suelo y con esto facilitar los cálculos de la velocidad de infiltración, profundidad efectiva, capacidad de campo y la dosis adecuada de riego mediante un análisis de suelo.



Fotografía N° 3: Calicata para extracción de muestra de suelo del área de estudio.



Fotografía N° 4: Muestra de suelo

Tabla 10*Características físico - químicas del suelo de la parcela de investigación.*

| Parámetro | Valor | Unidad |
|---------------------------------------|-----------------------------------|----------------|
| PH (1:1) | 7.99 | |
| Conductividad Eléctrica (CE)(1:1) | 2.45 | dS/m |
| CaCO ₃ | 4.44 | % |
| Materia Orgánica (MO) | 1.19 | % |
| Fósforo (P) | 35.23 | ppm |
| Potasio (K) | 494.2 | ppm |
| Análisis Mecánico | Arena | 58.56 % |
| | Limo | 21.28 % |
| | Arcilla | 24.16 % |
| Clase Textural | Fr.Ar.A. | |
| Capacidad Intercambio Catiónico (CIC) | 16.32 | meq/100g |
| Cationes Intercambiables | Ca ⁺² | 10.12 meq/100g |
| | Mg ⁺² | 1.47 meq/100g |
| | K ⁺ | 0.38 meq/100g |
| | Na ⁺ | 0.15 meq/100g |
| | Al ⁺³ + H ⁺ | 0.00 meq/100g |
| Suma de Cationes | 56.56 | |
| Suma de Bases | 56.33 | |
| Saturación de Bases | 37 | % |

Fuente: Laboratorio de agua, suelo, medio ambiente y fertirriego-FIA-UNALM, 2023

Los resultados indican que el suelo presenta una salinidad ligera, con una conductividad eléctrica de (2.45 dS/m), valor que no representa una limitación para el crecimiento ni para el rendimiento del cultivo. El análisis mecánico de las fracciones presentes en el suelo revela que tiene una clase textural Franco arcillo arenoso, condición considerada favorable para el desarrollo del frijol.

El pH es de 7.99, lo que indica que el suelo es moderadamente alcalino. El contenido de materia orgánica es bajo (1.19%), mientras que el fósforo (35.23 ppm), y el potasio (494.2 ppm), están en niveles altos. La capacidad de intercambio catiónico (CIC) es de 16.32 meq/100g, que es característico de la textura mencionada y el porcentaje de saturación de bases es de 37%.

c) Prueba de Infiltración

Se realizó una prueba de infiltración en la parcela de investigación utilizando el método del cilindro infiltrómetro de doble anillo, esta prueba permitió determinar si la descarga de gotero es igual o inferior a la velocidad básica de infiltración del suelo en el área de investigación, Con el fin de prevenir encharcamiento o el escurrimiento superficial del agua aplicada durante el riego.



Fotografía N° 5: Prueba de infiltración básica en la parcela de investigación

d) Cálculo de la densidad aparente (ρ)

Este cálculo se realizó en la parcela experimental, de la calicata realizada mediante el método del cilindro para ello se tomó seis muestras de suelo en diferentes profundidades en cada uno de los horizontes, se realizó en pesado del suelo restando el peso del cilindro, de esa manera obtuvimos el peso de suelo húmedo, luego se llevaron a estufa del laboratorio del CIER de la FIA, secó a 105 °C durante 24 horas, finalmente se obtuvieron los datos de peso del suelo seco (Pss).

La densidad aparente se calculó utilizando la siguiente ecuación:

$$\rho = \frac{P_{ss}}{Vol}$$

Donde:

ρ : Densidad aparente en gr/cm³

P_{ss} : Peso de suelo seco a estufa en gr

Vol : Volumen del cilindro metálico

Volumen del cilindro de tubos: Considerando un cilindro de 2.60 cm de diámetro y 10 cm de altura se obtuvo el volumen utilizando la fórmula para determinar el volumen del cilindro.

$$Vol = \pi \frac{d^2}{4} \times h$$

$$Vol = 53.09 \text{ cm}^3$$

La tabla muestra los resultados de los cálculos con los datos mencionados.

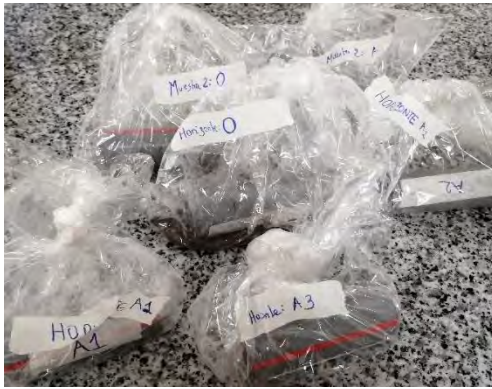
Tabla 11

Densidad aparente del suelo de la parcela experimental

| Horizonte | Psh(gr) | P tubo (gr) | Psh (gr) | Pss | Vt | d.a | PROMEDIO |
|--------------|---------|-------------|----------|-------|-------|------|----------|
| O muestra 1 | 112.24 | 42.36 | 69.88 | 61.64 | 53.09 | 1.16 | 1.15 |
| O muestra 2 | 112.97 | 42.52 | 70.45 | 60.30 | 53.09 | 1.14 | |
| A1 muestra 1 | 143.95 | 43.95 | 100.00 | 88.08 | 53.09 | 1.66 | 2.43 |
| A1 muestra 2 | 133.05 | 43.99 | 89.06 | 81.37 | 53.09 | 1.53 | |
| A2 muestra 1 | 148.92 | 41.35 | 107.57 | 83.96 | 53.09 | 1.58 | |
| A3 muestra 2 | 157.01 | 42.97 | 114.04 | 97.28 | 53.09 | 1.83 | |

Fuente: Elaboración propia

La densidad aparente del suelo hallada es de 1.15 gr/cm³.



Fotografía N° 6: Calculo de densidad aparente en la parcela de investigación

e) Estimación de capacidad de campo y punto de marchitez permanente (CC y Pmp)

De los datos anteriores, determinamos los datos de Psh y Pss, para luego determinar el porcentaje de humedad del suelo, repetir el proceso hasta que la humedad se haga casi constante o no tenga variación significativa, así se podrá determinar la capacidad de campo. Con la siguiente ecuación:

$$\text{Humedad (\%)} = \frac{P_{\text{Suelo húmedo}} - P_{\text{Suelo seco}}}{P_{\text{Suelo seco}}} \times 100$$

Tabla 12

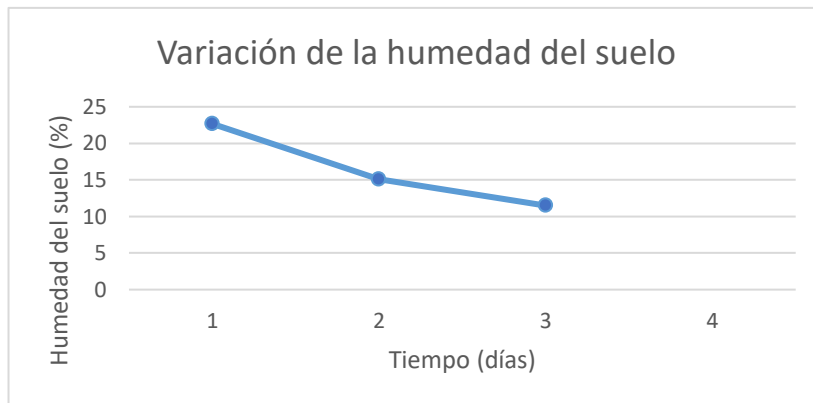
Ensayo de humedad del suelo para determinar CC

| Muestra | Psh(gr) | Pss(gr) | Humedad (%) | Hum. Prom (%) |
|---------|---------|---------|-------------|---------------|
| M1 | 107.57 | 83.96 | 28.12 | 22.67 |
| M2 | 114.04 | 97.28 | 17.23 | |
| M1 | 69.88 | 61.64 | 13.37 | 15.10 |
| M2 | 70.45 | 60.30 | 16.83 | |
| M1 | 100 | 88.08 | 13.53 | 11.49 |
| M2 | 89.06 | 81.37 | 9.45 | |
| | | | Tiempos | Humedad (%) |
| | | | 1 | 22.67 |
| | | | 2 | 15.10 |
| | | | 3 | 11.49 |

Fuente: Elaboración propia

Figura 16

Variación de la humedad del suelo para estimar la CC



Fuente: Elaboración propia

Obteniendo un valor aproximado de **15.10 por ciento**. Luego, obtenemos el punto de marchitez, mediante la siguiente ecuación (Silva et al., 1988):

$$Pmp (\%) = (\% Cc \times 0.74) - 5$$

$$\mathbf{Pmp (\%) = 6.17 \%}$$

Preparación del campo experimental

Se dio con la limpieza del terreno eliminando la maleza que había dentro y en los linderos de la parcela experimental, esta actividad se realizó manualmente, luego con la ayuda de maquinaria pesada, tractor agrícola de arado de rastras y discos se realizó la remoción del suelo de esta forma se brindó aireación y esponjamiento, para proseguir con la nivelación del terreno, con la delimitación del terreno, las unidades experimentales y finalmente el surcado correspondiente



Fotografía N° 7. Preparación del terreno

- **Abonamiento con Sustrato**

Los sustratos fueron proporcionados por el área de Zootecnia de la UNALM, para realizar un mezclado en iguales proporciones, hasta lograr una mezcla homogénea, finalmente se aplicó en el suelo del área de investigación, de esta manera nutrir el suelo en cuanto a materia orgánica.



Fotografía N° 8. Preparación del terreno – abonamiento con sustratos

5.6.2. Instalación del sistema de riego por goteo

La instalación del sistema de riego parte de una toma del cabezal 2 de la caseta de riego del CIER- de la facultad de Ingeniería Agrícola.

Teniendo delimitado el área de investigación se procede a la colocación de la línea de riego móvil con los siguientes componentes: tubería Flex Net de 3" ubicado en la parte del medio de la parcela delimitando los bloques, tubería de polietileno de 1" para captar agua del hidrante para la toma lateral, Conectores Twist lock, Cintas de goteo Streamline X 16080 todos de la marca NETAFIM, una cinta por surco, con emisores con emisores de 0.30m de distanciamiento.



Fotografía N° 9. Instalación del sistema de riego por goteo

Figura 17

Línea de conducción de sistema de riego



Fuente: elaboración propia

5.6.3. Coeficiente de Uniformidad

Se realizó la prueba de uniformidad en los bloques de estudio en surcos escogidos al azar. Para ello se ubicó a ocho personas en diferentes puntos de la cinta de riego, en diferentes goteros durante un minuto, recepcionando el agua en colectores de plástico en el tiempo establecido por cada emisor en 3 repeticiones, para posteriormente realizar mediciones con la ayuda de probetas milímetradas, obteniendo una uniformidad de riego de 95 por ciento siendo excelente para un buen riego.



Fotografía N° 10. Prueba de Coeficiente de uniformidad en emisores de riego en parcela de investigación

5.6.4. Adquisición de semillas de frijol

Las semillas de frijol canario centenario, fueron comprados del área de leguminosas de la UNALM, la cantidad de 4 kilos de semillas tratadas, con la finalidad de garantizar el desarrollo de la planta. El costo de las semillas tratadas fue de dieciséis soles por kilo.



Fotografía N° 11. Semillas de frijol canario centenario

5.6.5. Siembra

Para la siembra, se realizó el riego pesado o de machaco días antes para generar condiciones de capacidad de campo.

Luego se procedió a sembrar con la colocación de 3 semillas por golpe a 15 cm de profundidad del suelo, separación de plantas cada 30 cm. En cada surco. En los dos bloques(tratamientos) de cada frecuencia de riego, se utilizó en total 4 kg de frijol canario centenario obtenidos del programa de leguminosas de la UNALM.



Fotografía N° 12. Siembra de cultivo de frijol canario centenario.

5.6.6. Resiembra

Para la Resiembra, se esperó la germinación del brote de los cotiledones y de las hojas primarias, aprox. 15 días, luego de ello se procederá a resembrar en las plantas que no se hayan germinado.



Fotografía N° 13. Resiembra de cultivo de frijol canario centenario.

5.6.7. Demanda hídrica del cultivo de frijol

5.6.7.1 Riego

Se realizó con riego por goteo por cada surco una cinta de goteo, después de dos semanas de la siembra, esperando el prendimiento de las plantas, se aplica los

tratamientos que fueron riegos en frecuencias de 1 día y 2 días respectivamente en cada bloque de experimentación.



Fotografía N° 14. Riego por goteo en el área de investigación.

5.6.7.2 Demanda hídrica

Para el estudio de la demanda hídrica, se recolectó los siguientes datos meteorológicos los cuales se detallan en las planillas de riego.

5.6.7.3 Coeficiente de cultivo (Kc)

El Kc del frijol se obtuvo del artículo de (**Pérez, 2021**), siendo $K_{C\text{inicial}}$: 0.56, $k_{C\text{med}}$: 1.19 y $k_{C\text{final}}$: 0.81. que realizó su investigación en áreas aledañas a la presente tesis.

Tabla 13

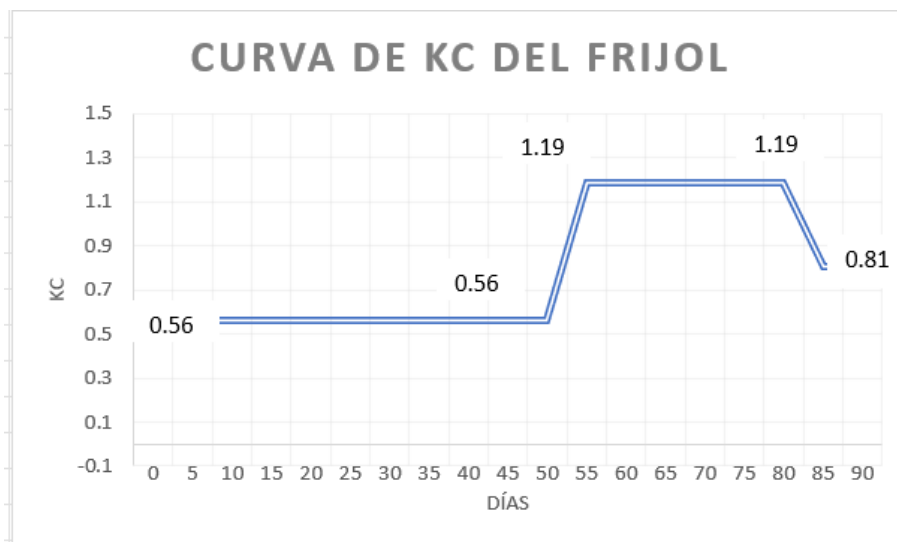
Fase de desarrollo del cultivo de Frijol

Fuente: Pérez, 2021

| COEFICIENTE DE CULTIVO | | |
|----------------------------|------|------|
| Fase del cultivo de frijol | Días | Kc |
| Fase inicial | 50 | 0.56 |
| Fase de desarrollo | 30 | 1.19 |
| Fase Final | 10 | 0.81 |

Figura 18

Curva de Kc del cultivo de frijol canario centenario



Fuente: Elaboración propia

5.6.7.4 Medidas de Humedad del Suelo

Se tomaron medidas con el sensor de humedad con el TDR 150 de la facultad de Ingeniería Agrícola del CIER -UNALM.

Para ello, después de calibrar el sensor de humedad, se registraron seis mediciones diferentes por cada unidad experimental, a fin de promediarlas y obtener un valor representativo por unidad. Estas mediciones se tomaron antes de la aplicación del riego, según la lámina de agua requerida para la reposición de la evapotranspiración, dato obtenido de la estación meteorológica automática DAVIS Instruments del CIER-UNALM.

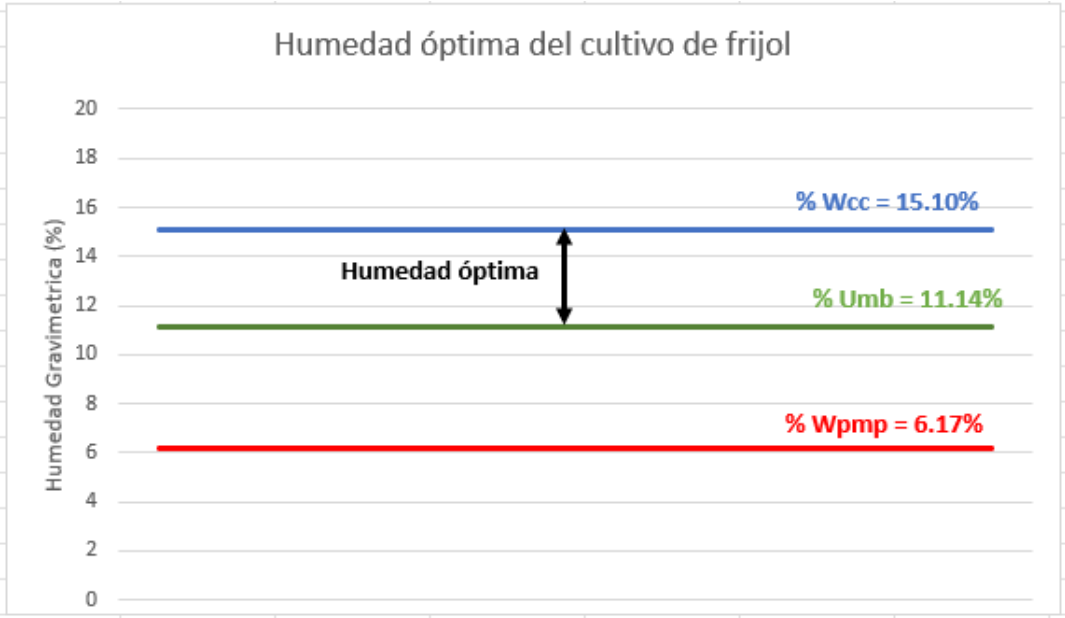
La profundidad de medición depende de la zona radicular de raíces la cual aumenta conforme avanza las fases fenológicas del cultivo. Este valor también se utilizado para calcular la lámina de riego necesaria para llevar la humedad del suelo a su Capacidad de Campo (CC). La lectura obtenida mediante el TDR150 se expresa en términos de contenido volumétrico, por lo que luego de ello se debe realizar la conversión a humedad gravimétrica, donde se tendría que dividir entre la densidad aparente hallada, con la siguiente relación:

$$\% W_{volumetrico} = \rho \left(\frac{gr}{cm^3} \right) \times \% W_{gravimétrico}$$

FAO (2006), menciona que el umbral de riego para el óptimo desarrollo del cultivo del frijol es de 0.45 en la que debe oscilar el suelo, como se muestra en la siguiente figura:

Figura 19

Intervalo de humedad gravimétrica óptima del suelo para el frijol



Fuente: *Elaboración propia*



Fotografía N° 15. Medición de la humedad del suelo del cultivo de frijol.

5.6.7.5 Cálculo de evapotranspiración de referencia (Eto mm/día)

Los datos de ETo, se obtuvieron mediante la estación meteorológica automática DAVIS Instruments del CIER -UNALM, asociado al aplicativo Software WeatherLink versión 2.0 del laboratorio de Recursos Hídricos de la UNALM. El cual nos permite calcular la evapotranspiración de referencia (ETo) haciendo uso de una versión modificada del método FAO Penman – Monteith.

Los registros fueron tomados con frecuencia horaria, siendo luego procesados para obtener valores diarios y promedio del período de estudio.

Figura 20

Datos de evapotranspiración de referencia

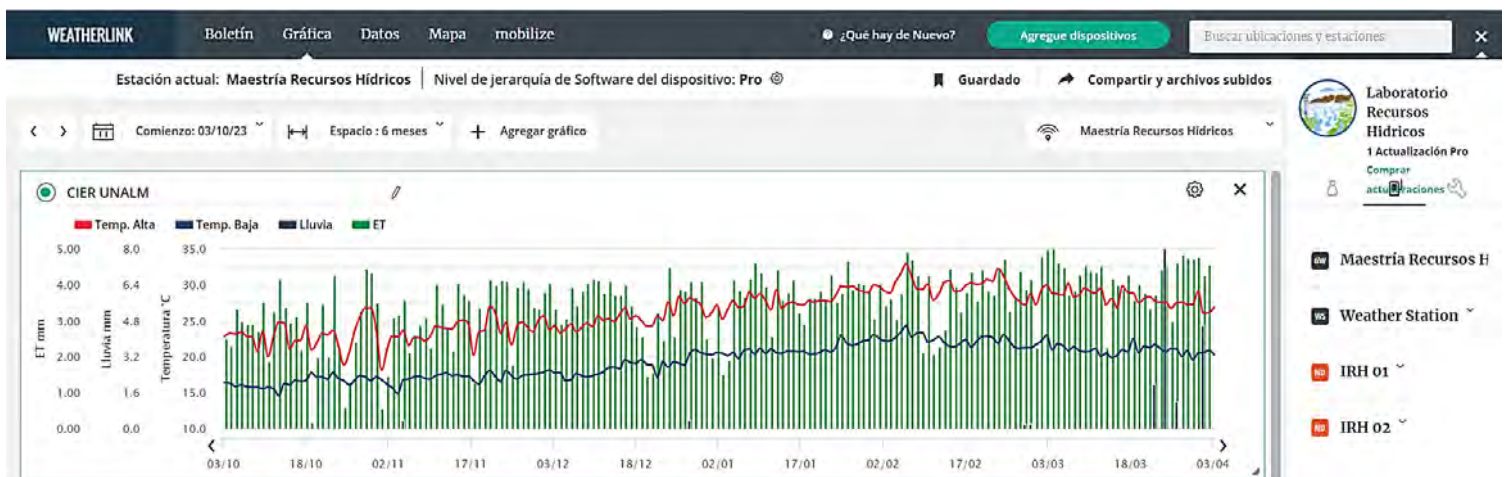
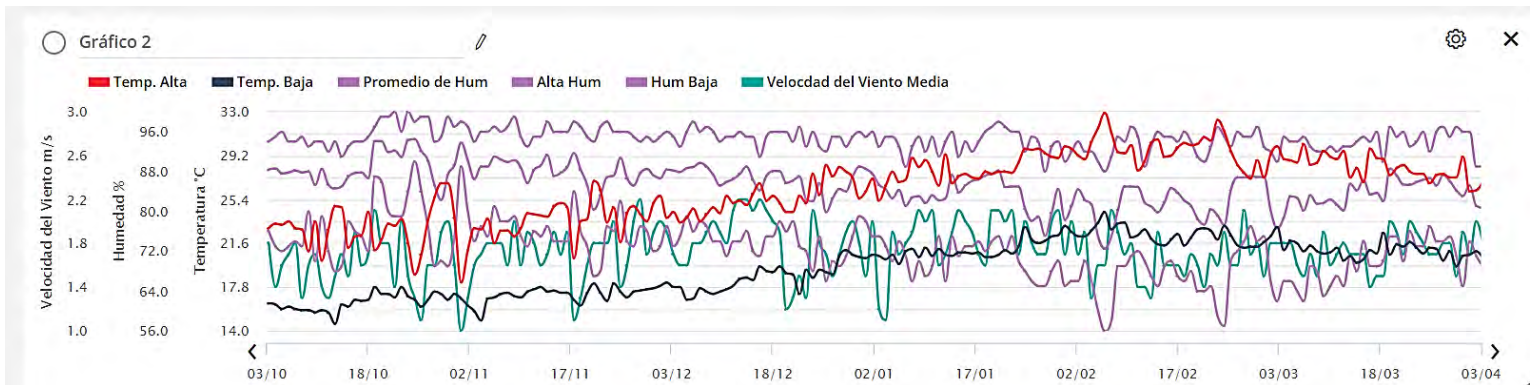


Figura 21



Datos de Humedad y T°

Fuente: WeatherLink- estación meteorológica automática DAVIS Instruments – CIER- UNALM, (Oct 2023- Abr 2024)

5.6.7.6 Cálculo de evapotranspiración de cultivo (ET_c)

Para calcular la evapotranspiración del cultivo, se utilizó la siguiente fórmula:

$$ET_c = ETo \times Kc$$

Donde:

ET_c = Evapotranspiración del cultivo (mm / día)

ETo = Evapotranspiración de referencia (mm / día)

K_c = Coeficiente de cultivo, el cual varía según la etapa fenológica del mismo.

Mediante los datos obtenidos de la estación meteorológica automática DAVIS Instruments se tuvo la Eto, de esa manera se pudo registrar en una planilla de riego, iniciando con los tratamientos.

$$ET_c = 3.58 \times 0.8$$

ET_c = 2.864 mm, para el día 18 del mes de noviembre.

5.6.7.7 Cálculo de lámina de riego aplicado

El cálculo de la lámina de riego se obtuvo al medir la humedad del suelo, siguiendo el calendario del cultivo, posteriormente, se procedió a regar cada bloque experimental para alcanzar su capacidad de campo. La cantidad de riego aplicada

a cada unidad dependió de los datos de humedad obtenidos con el TDR150, los cuales se calcularon mediante la siguiente ecuación:

$$Lr (mm) = \left(\frac{W\theta_{cc} - W\theta_{lectura}}{100} \right) \times Prof\ rad (mm) \times \% AM$$

De esta manera se garantizó que la humedad luego del riego este próximo a la capacidad de campo.

5.6.7.8 Consumo diario de agua

En la etapa de la fase vegetativa, las láminas de riego de los tratamientos fueron menores que en su fase reproductiva, dependiendo de la humedad del suelo y de la profundidad radicular que irá aumentado conforme al periodo vegetativo.

a) Tiempo de riego

Para aplicar una determinada lámina, será necesario conocer primero la precipitación horaria que es la cantidad de agua necesaria para un campo en mm/hr, se hallará en función al caudal del emisor sobre el distanciamiento entre emisores y laterales, con el resultado se calculará el tiempo de riego según al número de frecuencia de riego (1 día y 2 días) mediante la siguiente ecuación:

$$Tr (min) = \frac{ETc \times Ph \times A_{unidad}}{Qt \times Ea} \times 60$$

Donde:

ETc = Evapotranspiración de cultivo

Ph = Factor de ajuste o pérdida

A unidad = Área a regar de cada bloque experimental

Qt = Caudal para cada tratamiento l/h

Ea = Eficiencia de aplicación de riego por goteo

b) Frecuencia de riego

La frecuencia de riego es el lapso de tiempo que será necesario esperar para realizar el próximo riego, en la presente investigación se darán en dos frecuencias de riego por bloque de experimentación, bloque I con riego de 1 día y bloque II con riego de 2 días.

c) Fertirriego

Instalación del sistema de fertirriego AMIAD

La aplicación de agua y el fertilizante se realizó de manera conjunta con un nivel recomendado, mediante el equipo AMIAD, la frecuencia del suministro fue de acuerdo al diseño de la investigación y la necesidad del cultivo. Según el tiempo de riego programado en minutos, los insumos fueron disueltos en un balde de 20 litros para su posterior aplicación.



Fotografía N° 16. Equipo de fertirriego AMIAD instalado en la parcela de investigación y aplicación de nutrientes mediante fertirriego con ácido húmico, fosfato monoamónico (MAP), Nitrato de potasio (KNO_3), Nitrato de calcio ($Ca(NO_3)_2$) y sulfato de magnesio ($MgSO_4$).

5.7. Labores culturales

a) Control de malezas

La eliminación de las malezas se realizó una vez por semana de forma manual con la ayuda de un azadón evitando así la presencia de malezas ya que estas compiten con el cultivo por el agua, nutrientes y el espacio. No se aplicó ningún producto herbicida.



Fotografía N° 17. Control de malezas en el área de investigación.

b) Aporque

Esta técnica agrícola se realizó una vez por campaña cuando se observó el crecimiento de las plantas en cuanto a la altura a los cuarenta y tres días después de la siembra con la ayuda de picos, palas y azadón. El objetivo de esta labor cultural es mantener el tallo lo más recto posible, además de proporcionar estabilidad y fortaleza a la planta facilitando así el desarrollo de sus raíces y vainas. Se realizó a una altura aproximada de 15cm con respecto al nivel del suelo.



Fotografía N° 18. Aporque en los bloques experimentales del cultivo de frijol.

c) Control de plagas y enfermedades - fumigación

El control de plagas y enfermedades se realizó con productos químicos (fungicidas), control entomológico (trampas amarillas) con la finalidad de prevenir y evitar se produzcan daños severos en el cultivo. se utilizó de forma preventiva las trampas amarillas para el control de plagas.

La aplicación se realizó por planta, cuando se evaluó y determinó alguna presencia de plagas. El control de malezas fue manual.



Fotografía N° 19. Aplicación de azufre contra hongos y aplicación preventivo contra mosca blanca.

d) Cosecha

La cosecha se realizó cuando las plantas llegaron a su etapa de madurez presentando una coloración amarillenta a crema oscura, para ello primero se realizó el corte o extracción de las plantas el 10/02/2024, para su secado hasta obtener el porcentaje adecuado de humedad del grano, luego el 15/02/2024 la cosecha que se dio por bloque cosechando los surcos seleccionados, con 3 repeticiones por tratamiento con el objetivo de realizar las evaluaciones del peso de grano, por plantas, peso del grano por unidad experimental, tamaño de raíz, altura de planta, número de granos por vaina, para determinar el rendimiento.



Fotografía N° 20. Cosecha del cultivo de frijol canario centenario.

e) Trillado y pesado de granos

Las plantas de los surcos donde se ubican las muestras de las repeticiones, fueron trilladas manualmente, para obtener datos más precisos.



Fotografía N° 21. Trillado de muestras - repeticiones.

En cuanto a las plantas de los bordes y demás surcos que no fueron parte de las muestras, se trillaron con el apoyo de una maquinaria pesada tractor agrícola, por la cantidad de sacos.



Fotografía N° 22. Trillado de bordes y los surcos que no pertenecen a las repeticiones.



Fotografía N° 23. Pesado de muestras de la investigación

5.8. Variables evaluadas

Para evaluar el efecto del cultivo de frijol canario centenario, en dos frecuencias de riego, se consideraron como variables de estudio:

a) Rendimiento del cultivo

El rendimiento se determinará del peso total de granos secos de las muestras de cada unidad experimental que son seis repeticiones y mediante su promedio se obtendrá un valor representativo, con respecto al total de surcos del bloque, la conversión se realizará mediante gramos/planta a kg/ha de un total de 15 unidades experimentales cada una con 66 y 69 plantas, cuya área es de 14.4 m² y 15.3 m² con la siguiente relación:

$$\text{Rendimiento} \left(\frac{kg}{ha} \right) = \frac{\text{Producción de la muestras de la unidad experimental (kg)}}{\text{area unidad experimental (ha)}}$$

El cual se corroborará mediante una aplicación estadística donde se procesará los datos haciendo uso de los softwares estadísticos InfoStat y SAS.

Variables para determinar el rendimiento por hectárea en el cultivo de frijol canario centenario

Componentes de rendimiento del frijol canario centenario por hectárea

- **Número de vainas por planta**

Al alcanzar la madurez de cosecha, en laboratorio se realizó el conteo del número de vainas por planta, se registró el promedio de estas como valor representativo para unidad experimental.

- Número de granos por vaina

Se seleccionaron al azar 20 vainas y se contó la cantidad de granos en cada vaina, posteriormente, se calculó el promedio del número de granos por vaina a partir de las repeticiones realizadas.

Peso de 100 semillas

Se pesaron al azar cien granos de frijol seco por bloque de investigación y se registró el valor en gramos.

Rendimiento de grano seco (kg/ha)

Se pesaron los granos secos de las plantas de surcos seleccionados como muestras con seis repeticiones por bloque experimental, los resultados son el promedio de los datos obtenidos mediante conversión llevados a Kg/ha.

b) Volumen de agua aplicado

Para determinar el volumen de agua aplicado en el cultivo de frijol canario centenario durante la investigación, en los tratamientos se determinará la lámina de riego según cada frecuencia de cada bloque, este dependerá de la humedad del suelo y de la profundidad de radicular que irá aumentando conforme el periodo vegetativo del cultivo.

Luego de ello se realizará la sumatoria de las láminas de riego y en relación con el área de la parcela de investigación se logrará determinar el consumo de agua durante la campaña el riego en el cultivo de frijol el cual nos dará en mm, para luego convertir en m³/ha.

mediante la siguiente ecuación:

$$Vol\ agua \left(\frac{m^3}{ha} \right) = Lr (mm) \times 10$$

Tabla 14

Cronología de la conducción del experimento del cultivo de frijol canario centenario.

| CRONOLOGÍA DE LA CONDUCCIÓN DEL EXPERIMENTO | | |
|---|-----------------------|-------------------|
| EXPERIMENTO DE INVESTIGACIÓN EN FRIJOL CANARIO CENTENARIO | | |
| LABORES | FECHA | DÍAS A LA SIEMBRA |
| 1. Apertura de Calicata (toma de muestras para analisis de suelos) | 26/08/2023 | |
| 2. Determinación de d.a | 26/08/2023 | |
| 3. Requerimiento de accesorios para sistemas de riego a nivel de parcela | 31/08/2023 | |
| 4. Toma de muestras de agua para analisis | 01/09/2023 | |
| 5. Prueba de infiltración | 02/09/2023 | |
| 6. Prueba de Capacidad de Campo | 02/09/2023 | |
| 7. Recolección de M.O de cabra y cuy | 04/09/2023 | |
| 8. Reconocimiento y Control Topografico del área de experimentación | 05/09/2023 | |
| 9. Incorporación de M.O | 05/09/2023 | |
| 10. Preparación del Terreno Arado y surcado | 07/09/2023 | |
| 11. Adquisición de Semillas Tratadas del area de Leguminosas UNALM | 19/09/2023 | |
| 12. Instalación y equipamiento de los sistemas de riego por goteo | 22/09/2023 | |
| 13. Prueba de Uniformidad de los emisores de riego por goteo | 04/10/2023 | |
| 14. Medición de la Vel de Viento mediante anemometro, visita a estación metereologica UNALM | 14/10/2023 | |
| 15. Riego pesado o de Machaco | 16 y 17/10/23 | |
| 16. Siembra (semilla tratada) | 18/10/2023 | 0 |
| 17. Labores Culturales | | |
| Aplicación de riegos en la fase inicial (diarios) | 19/10/2023 - 24/10/23 | 1 |
| Germinación | 24/10/2023 | 6 |
| 1er. desmalezado manual | 01/11/2023 | 14 |
| Resiembra(en plantas que no lograron germinar) | 02/11/2023 | 15 |
| Aparición de Hojas Primarias | 02/11/2023 | 15 |
| Colocación de espantapajaros y trampas amarillas | 02/11/2023 | 15 |
| Medición de humedad del suelo con TDR | 08/11/2023 | 21 |
| Aparición de Hojas secundarias | 09/11/2023 | 22 |
| 1ra. Aplicación de Fumigación | 13/11/2023 | 24 |
| se corta riego por 2 días por fumigación | 13 y 14/11/23 | 25 |
| Aparición 3a ó 4a hoja trifoliada | 15/11/2023 | 26 |
| 2do. desmalezado manual | 16/11/2023 | 27 |
| 1ra aplicación de azufre x planta | 16/11/2023 | 27 |
| Inicio de tratamientos en ambos bloques | 18/11/2023 | 29 |
| Fertirrigación en parcela de Goteo diaria x min de riego | 18/11/2023 | 29 |
| 2da. Aplicación de azufre x planta | 26/11/2023 | 37 |
| 2da. Aplicación de Fumigación | 29 y 30/11/2023 | 41 |
| Corte de riego por fumigación 2 días | 01/12/2023 | 42 |
| Aporque en ambos bloques | 02/12/2023 | 43 |
| 3ra. Aplicación de Fumigación | 05/12/2023 | 46 |
| 3er. desmalezado manual | 08/12/2023 | 49 |
| Floración definida | 14/12/2023 | 54 |
| inicio de formación de vainas | 18/12/2023 | 60 |
| Llenado de vainas | 25/12/2023 | 67 |
| 4to. desmalezado manual | 26/12/2023 | 68 |
| 4ta. Aplicación de Fumigación | 27 y 28/12/23 | 70 |
| 5ta. Aplicación de Fumigación | 05/01/2024 | 78 |
| 5to. desmalezado manual | 15/01/2024 | 88 |
| Inicio de maduración en parcela de goteo | 23/01/2024 | 96 |
| Cosecha en parcela de Goteo | 15/02/2024 | 119 |
| Trillado | 05/03/2024 | |
| Venteador | 10/03/2024 | |
| Pesado de muestras y general de prod. | 18/03/2024 | |
| Selección de granos | 28 y 29/03/ 2024 | |
| Rendimiento | 30/03/2024 | |
| Venta de Frijol | Abril | |

Fuente: Elaboración propia

5.9. Diseño experimental

El análisis estadístico del presente proyecto de investigación se basó en un diseño de bloques 2 x 2, que incluye dos tratamientos en dos bloques.

En la parcela experimental se establecieron los dos bloques experimentales, uno para cada tratamiento, con seis repeticiones para la cosecha. El diseño de bloques se empleó para reducir el error experimental causado por la distribución del ensayo dentro del campo de investigación.

Cada bloque tiene un número de quince unidades experimentales, con seis repeticiones en total, tres en cada bloque.

Tabla 15

Operacionalización de variables

| VARIABLES DE ESTUDIO | INDICADORES |
|---|--|
| Variable Independiente Frecuencias de riego | Riego cada 1 día: FR1 Riego cada 2 días: FR2. |
| Variable dependiente Rendimiento en el cultivo de frijol Canario Centenario | Peso de granos de cada una unidad experimental (repetición) Área de la unidad experimental $\text{Rendimiento (kg/ha)} = \frac{\text{Producción de la muestras de la unidad experimental (kg)}}{\text{area unidad experimental (ha)}}$ |
| Variable dependiente Volumen de agua aplicado | $ET_c = ET_o \times K_c$ $\sum ET_c$ en mm/día Área de investigación de cada Bloque m ² $L_r \text{ (mm)} \times 10 = \text{m}^3/\text{ha}$ |

Fuente: Elaboración Propia

5.9.1. Análisis estadístico

Para procesar y evaluar los datos de las muestras en estudio, así como establecer inferencias estadísticas y poder comparar las medias, el análisis se realizó con los Softwares InfoStat y SAS las variables se evaluaron mediante:

- **Análisis de Variancia (T)**

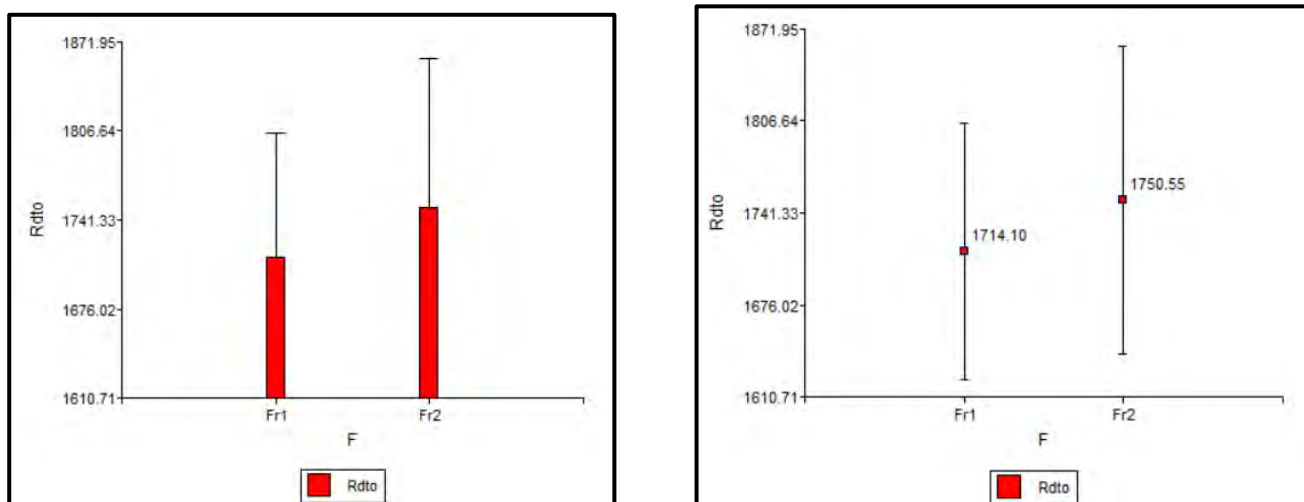
Donde se determinó que, si existe variabilidad entre tratamientos, para ello se realizó la prueba de comparación de medias con la prueba de TTEST con un nivel de significancia de 0.05 entre sí.

VI. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

6.1. Rendimiento del cultivo

El rendimiento del frijol canario variedad centenario, se presenta en la figura 22. El tratamiento T1FR1 alcanzó un total de 1714 kg/ha; mientras que el tratamiento T2FR2 obtuvo un total de 1750 kg/ha.

Figura 22



Rendimiento del cultivo del frijol canario variedad centenario

Análisis de Varianza del rendimiento

Los resultados del análisis de varianza del rendimiento, muestran que no existen diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos evaluados T1FR1 Y T2FR2, tanto en frecuencia de riego de un día como de dos días. Estos datos se expresan en las tablas 16 y 17.

Tabla 16

Análisis de varianza en la comparación de medias del rendimiento del cultivo con el software SAS.

Sistema SAS

Procedimiento TTEST

Variable: Rdto

| Frec | N | Media | Dev std | Err std | Mínimo | Máximo |
|------------|---|----------|---------|---------|--------|--------|
| Fr1 | 6 | 1714.1 | 91.5143 | 37.3606 | 1586.8 | 1819.4 |
| Fr2 | 6 | 1750.6 | 109.5 | 44.7152 | 1637.3 | 1954.2 |
| Diff (1-2) | | -36.4500 | 100.9 | 58.2689 | | |

| Frec | Método | Media | Media de CL al 95% | Dev std | Dev std de CL al 95% | | |
|------------|----------------------|----------|--------------------|---------|----------------------|---------|-------|
| Fr1 | | 1714.1 | 1618.1 | 1810.1 | 91.5143 | 57.1240 | 224.4 |
| Fr2 | | 1750.6 | 1635.6 | 1865.5 | 109.5 | 68.3692 | 268.6 |
| Diff (1-2) | Agrupado | -36.4500 | -Infty | 69.1601 | 100.9 | 70.5178 | 177.1 |
| Diff (1-2) | Satterthwaite | -36.4500 | -Infty | 69.4999 | | | |

| Método | Varianzas | DF | Valor t | Pr < t |
|----------------------|-----------|--------|---------|--------|
| Agrupado | Igual | 10 | -0.63 | 0.2728 |
| Satterthwaite | Desigual | 9.6936 | -0.63 | 0.2730 |

Tabla 17

Prueba T en la comparación de medias del rendimiento del cultivo con el software InfoStat.

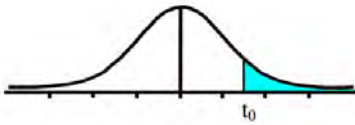
| Variable: Rdto - Clasificación: F Prueba: Unilateral | | | |
|---|---------|----------|--|
| | Grupo 1 | Grupo 2 | |
| | Fr1 | Fr2 | |
| n | 6 | 6 | |
| Media | 1714.1 | 1750.55 | |
| Varianza | 8374.87 | 11996.71 | |
| Media(1 - Media(2) | -36.45 | | |
| LI (95) | sd | | |
| LS (95) | 69.16 | | |
| PHomvar | 0.7029 | | |
| T | -0.63 | | |
| gl | 10 | | |
| p-valor | 0.2728 | | |

Fuente: Software SAS

Tabla 18

Tabla estadística de T- Student de significancia.

Tabla t-Student



| Grados de libertad | 0.25 | 0.1 | 0.05 | 0.025 | 0.01 | 0.005 |
|--------------------|--------|--------|--------|---------|---------|---------|
| 1 | 1.0000 | 3.0777 | 6.3137 | 12.7062 | 31.8210 | 63.6559 |
| 2 | 0.8165 | 1.8856 | 2.9200 | 4.3027 | 6.9645 | 9.9250 |
| 3 | 0.7649 | 1.6377 | 2.3534 | 3.1824 | 4.5407 | 5.8408 |
| 4 | 0.7407 | 1.5332 | 2.1318 | 2.7765 | 3.7469 | 4.6041 |
| 5 | 0.7267 | 1.4759 | 2.0150 | 2.5706 | 3.3649 | 4.0321 |
| 6 | 0.7176 | 1.4398 | 1.9432 | 2.4469 | 3.1427 | 3.7074 |
| 7 | 0.7111 | 1.4149 | 1.8946 | 2.3646 | 2.9979 | 3.4995 |
| 8 | 0.7064 | 1.3968 | 1.8595 | 2.3060 | 2.8965 | 3.3554 |
| 9 | 0.7027 | 1.3830 | 1.8331 | 2.2622 | 2.8214 | 3.2498 |
| 10 | 0.6998 | 1.3722 | 1.8125 | 2.2281 | 2.7638 | 3.1693 |
| 11 | 0.6974 | 1.3634 | 1.7959 | 2.2010 | 2.7181 | 3.1058 |
| 12 | 0.6955 | 1.3562 | 1.7823 | 2.1788 | 2.6810 | 3.0545 |
| 13 | 0.6938 | 1.3502 | 1.7709 | 2.1604 | 2.6503 | 3.0123 |
| 14 | 0.6924 | 1.3450 | 1.7613 | 2.1448 | 2.6245 | 2.9768 |
| 15 | 0.6912 | 1.3406 | 1.7531 | 2.1315 | 2.6025 | 2.9467 |
| 16 | 0.6901 | 1.3368 | 1.7459 | 2.1199 | 2.5835 | 2.9208 |

Donde se observa:

1.

$H_0: Fr1 = Fr2$

$H_1: Fr1 \neq Fr2$

2.

Alpha = 0.05, es el estándar.

3.

Fórmula:

Se obtiene $T = -0.63$

4.

Tabla Estadística T Student = 1.8125 con $gl = 10$

Alpha = 0.05

5.

T_c Comparando con $T_{gl}, 0.05$

$T_c > T_{gl} 0.05$: Se rechaza la H_0 y se acepta la H_1

$T_c < T_{gl} 0.05$: Se acepta la H_0 y se rechaza la H_1

$T_c = -0.63 < 1.8125$, se acepta H_0 : $Frec1 = Frec2$

Interpretación de resultados:

Pr > t alpha Signif

0.2728 > 0.05 **NS** No hay diferencia estadística significativa entre los dos tratamientos. Siendo la frecuencia de media con variación leve estadísticamente.

Como se pueden observar en los siguientes gráficos.

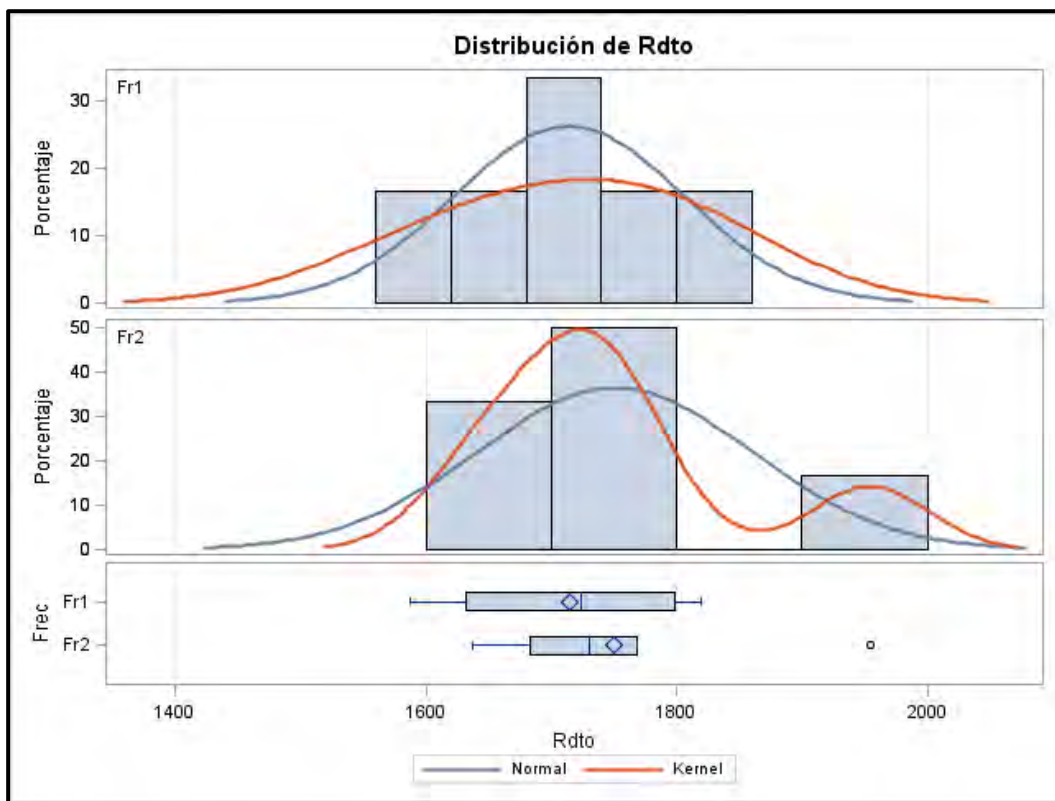
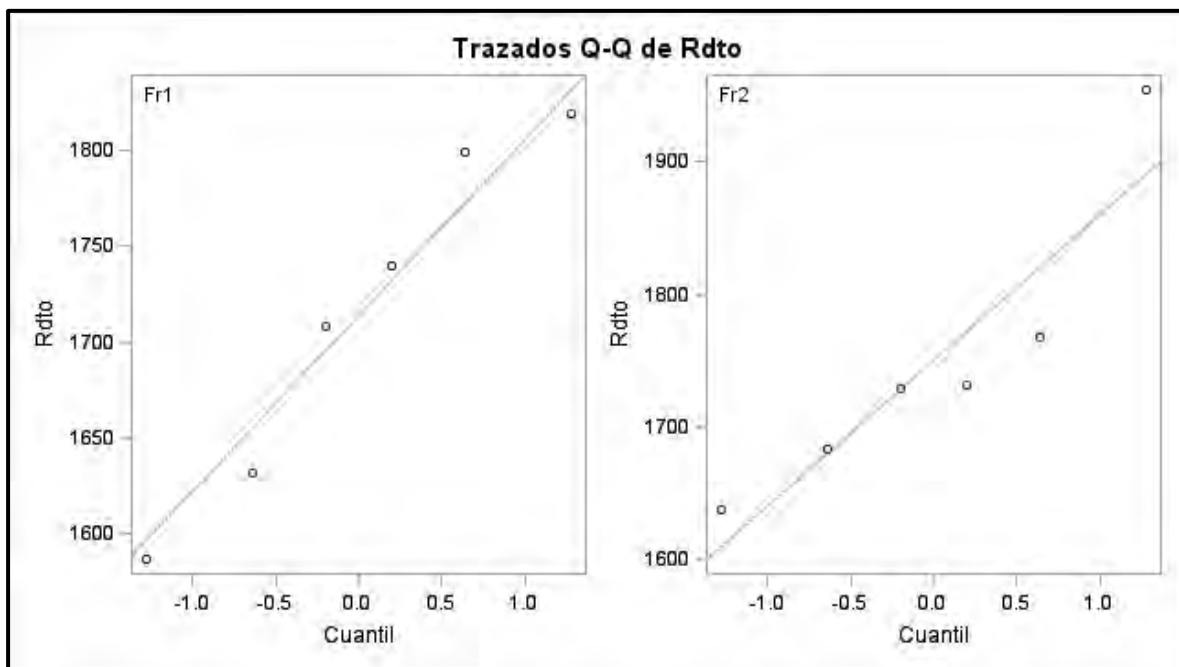


Figura 23.

Histograma de distribución del rendimiento del cultivo de frijol canario variedad centenario.



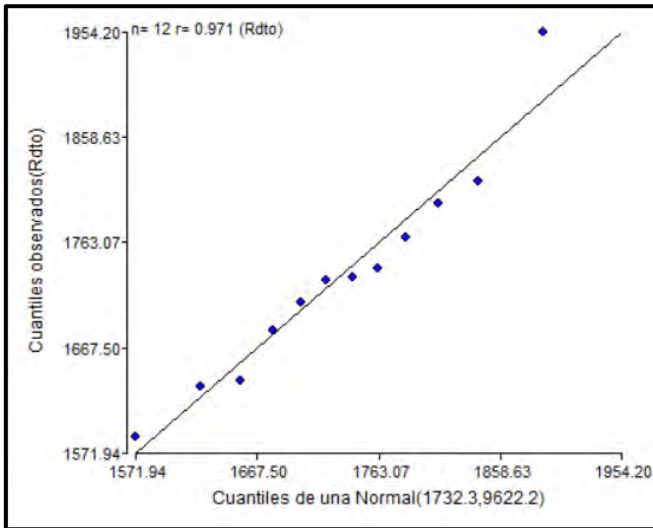


Figura 24.

Q-Q. Dispersión de datos. Donde se puede observar que todos están alineados

En comparación con esta investigación (1714 a 1750 kg/ha) los rendimientos obtenidos superan al valor reportado en un estudio por (Pérez, 2021) en la misma variedad bajo condiciones de la UNALM y riego por goteo en su T3 con un rendimiento de 1677 kg/ha. Asimismo, (Albujar 2019) señala que el año 2018 la superficie cosechada de frijol grano seco fue de 73789 ha con rendimiento de 1192 Kg/ha. Finalmente, para el año 2022, la superficie cosechada fue 68175 ha con rendimiento de 1286 Kg/ha (DEIA 2022), estos últimos resultados casi cercanos, pero inferiores a los obtenidos en esta investigación. Las diferencias detalladas posiblemente se atribuyan por la época de siembra, clima, manejo agronómico y variedad.

6.2. Consumo de agua durante el periodo vegetativo del cultivo de frijol

El periodo total del cultivo de frijol duró 119 días, iniciando el día 18 del mes de octubre, finalizando con los riegos en el T1Fr1 el día 28 del mes de enero logrando la madurez que se observó en la coloración de las plantas, en el T2Fr2 el riego finalizó el día 22 del mes de enero completando la madurez y coloración uniforme, para pasar a la fase de secado, como se observa en la tabla 19 donde se detalla la aplicación de las láminas para cada tratamiento.

Por lo tanto, los resultados de la presente investigación muestran que, a pesar de no existir diferencias estadísticas significativas entre las frecuencias de riego aplicadas, los rendimientos alcanzados son competitivos frente a los promedios nacionales y regionales, evidenciando la eficiencia del riego por goteo en mantener una producción estable con un menor consumo de agua.

Tabla 19

Aplicación de lámina de agua durante el trabajo de investigación.

| Fecha de riego | Días después de la siembra | Nro de riego | Lámina de agua aplicada por tratamiento (mm) | | Fecha de riego | Días después de la siembra | Nro de riego | Lámina de agua aplicada por tratamiento (mm) | | Fecha de riego | Días después de la siembra | Nro de riego | Lámina de agua aplicada por tratamiento (mm) | |
|----------------|------------------------------------|--------------|--|-------|----------------|----------------------------|--------------|--|-------|----------------|----------------------------|--------------|--|------------------------|
| | | | FR1 | FR2 | | | | FR1 | FR2 | | | | FR1 | FR2 |
| 18 de oct. | Siembra | | Siembra | | 27 de nov. | 40 | 10 | 1.20 | 2.00 | 06 de ene. | 80 | 50 | 1.96 | 3.07 |
| 19 de oct. | 1 | | 1.33 | 1.33 | 28 de nov. | 41 | 11 | 1.11 | 0.00 | 7 de ene. | 81 | 51 | 1.78 | 0.00 |
| 20 de oct. | 2 | | 1.33 | 1.33 | 29 de nov. | 42 | 12 | 1.02 | 2.13 | 8 de ene. | 82 | 52 | 1.69 | 3.47 |
| 21 de oct. | 3 | | 1.33 | 1.33 | 30 de nov. | 43 | 13 | 0.98 | 0.00 | 9 de ene. | 83 | 53 | 1.96 | 0.00 |
| 22 de oct. | 4 | | 1.33 | 1.33 | 01 de dic. | 44 | 14 | 1.07 | 2.04 | 10 de ene. | 84 | 54 | 1.91 | 3.87 |
| 23 de oct. | 5 | | 1.33 | 1.33 | 2 de dic. | 45 | 15 | 1.16 | 0.00 | 11 de ene. | 85 | 55 | 1.91 | 0.00 |
| 24 de oct. | 6 | | 1.33 | 1.33 | 3 de dic. | 46 | 16 | 1.16 | 2.31 | 12 de ene. | 86 | 56 | 1.69 | 3.60 |
| 25 de oct. | 7 | | 1.33 | 1.33 | 4 de dic. | 47 | 17 | 1.07 | 0.00 | 13 de ene. | 87 | 57 | 2.00 | 0.00 |
| 26 de oct. | 8 | | 1.33 | 1.33 | 5 de dic. | 48 | 18 | 0.89 | 1.96 | 14 de ene. | 88 | 58 | 3.11 | 5.11 |
| 27 de oct. | 9 | | 1.33 | 1.33 | 6 de dic. | 49 | 19 | 0.93 | 0.00 | 15 de ene. | 89 | 59 | 2.58 | 0.00 |
| 28 de oct. | 10 | | 1.33 | 1.33 | 7 de dic. | 50 | 20 | 1.16 | 2.09 | 16 de ene. | 90 | 60 | 2.67 | 5.24 |
| 29 de oct. | 11 | | 1.33 | 1.33 | 8 de dic. | 51 | 21 | 1.02 | 0.00 | 17 de ene. | 91 | 61 | 2.89 | 0.00 |
| 30 de oct. | 12 | | 1.33 | 1.33 | 9 de dic. | 52 | 22 | 1.47 | 2.49 | 18 de ene. | 92 | 62 | 2.40 | 5.29 |
| 31 de oct. | 13 | | 1.33 | 1.33 | 10 de dic. | 53 | 23 | 1.51 | 0.00 | 19 de ene. | 93 | 63 | 2.13 | 0.00 |
| 01 de nov. | 14 | | 1.33 | 1.33 | 11 de dic. | 54 | 24 | 1.60 | 3.11 | 20 de ene. | 94 | 64 | 2.22 | 4.36 |
| 2 de nov. | 15 Inicio de Trat de riego. | | 0.71 | 0.00 | 12 de dic. | 55 | 25 | 1.96 | 0.00 | 21 de ene. | 95 | 65 | 2.22 | 0.00 |
| 3 de nov. | 16 | | 0.71 | 1.42 | 13 de dic. | 56 | 26 | 1.78 | 3.73 | 22 de ene. | 96 | 66 | 2.31 | 4.53 |
| 4 de nov. | 17 | | 0.80 | 0.00 | 14 de dic. | 57 | 27 | 1.96 | 0.00 | 23 de ene. | 97 | 67 | 2.13 | Cierre de riego |
| 5 de nov. | 18 | | 0.84 | 1.64 | 15 de dic. | 58 | 28 | 1.78 | 3.73 | 24 de ene. | 98 | 68 | 2.58 | 38.53 |
| 6 de nov. | 19 | | 0.71 | 0.00 | 16 de dic. | 59 | 29 | 1.78 | 0.00 | 25 de ene. | 99 | 69 | 2.13 | |
| 7 de nov. | 20 | | 0.67 | 1.38 | 17 de dic. | 60 | 30 | 1.91 | 3.69 | 26 de ene. | 100 | 70 | 2.22 | |
| 8 de nov. | 21 | | 0.80 | 0.00 | 18 de dic. | 61 | 31 | 1.69 | 0.00 | 27 de ene. | 101 | 71 | 2.67 | |
| 9 de nov. | 22 | | 0.80 | 1.60 | 19 de dic. | 62 | 32 | 1.51 | 3.20 | 28 de ene. | 102 | 72 | Cierre de riego | |
| 10 de nov. | 23 | | 0.80 | 0.00 | 20 de dic. | 63 | 33 | 1.42 | 0.00 | Sumatoria | | | 49.16 | |
| 11 de nov. | 24 | | 0.80 | 1.60 | 21 de dic. | 64 | 34 | 0.98 | 2.40 | | | | | |
| 12 de nov. | 25 | | 0.89 | 0.00 | 22 de dic. | 65 | 35 | 1.02 | 0.00 | | | | | |
| 13 de nov. | 26 | | 0.89 | 1.78 | 23 de dic. | 66 | 36 | 1.60 | 2.62 | | | | | |
| 14 de nov. | 27 | | 0.80 | 0.00 | 24 de dic. | 67 | 37 | 1.33 | 0.00 | | | | | |
| 15 de nov. | 28 | | 0.76 | 1.56 | 25 de dic. | 68 | 38 | 2.04 | 3.38 | | | | | |
| 16 de nov. | 29 | | 1.02 | 0.00 | 26 de dic. | 69 | 39 | 1.33 | 0.00 | | | | | |
| 17 de nov. | 30 | | 1.02 | 2.04 | 27 de dic. | 70 | 40 | 1.78 | 3.11 | | | | | |
| 18 de nov. | 31 Inicio de Trat. De fert. | 1 | 1.02 | 0.00 | 28 de dic. | 71 | 41 | 1.78 | 0.00 | | | | | |
| 19 de nov. | 32 | 2 | 0.80 | 1.82 | 29 de dic. | 72 | 42 | 1.91 | 3.69 | | | | | |
| 20 de nov. | 33 | 3 | 1.02 | 0.00 | 30 de dic. | 73 | 43 | 1.69 | 0.00 | | | | | |
| 21 de nov. | 34 | 4 | 0.89 | 1.91 | 31 de dic. | 74 | 44 | 1.91 | 3.60 | | | | | |
| 22 de nov. | 35 | 5 | 1.02 | 0.00 | 01 de ene. | 75 | 45 | 1.33 | 0.00 | | | | | |
| 23 de nov. | 36 | 6 | 1.02 | 2.04 | 2 de ene. | 76 | 46 | 1.16 | 2.49 | | | | | |
| 24 de nov. | 37 | 7 | 1.02 | 0.00 | 3 de ene. | 77 | 47 | 1.69 | 0.00 | | | | | |
| 25 de nov. | 38 | 8 | 1.02 | 2.04 | 4 de ene. | 78 | 48 | 1.02 | 2.71 | | | | | |
| 26 de nov. | 39 | 9 | 0.80 | 0.00 | 5 de ene. | 79 | 49 | 1.11 | 0.00 | | | | | |
| Sumatoria | | | 40.31 | 39.46 | Sumatoria | | | 56.80 | 56.49 | | | | | |

Fuente: Elaboración propia

Durante el periodo vegetativo del cultivo se registró el consumo de agua, el cual se detalla en la figura 25, donde se muestran los volúmenes de agua aplicados por hectárea para cada tratamiento Fr1, 1462.63 m³/ha; Fr2, 1344.87 m³/ha. Lo que representa una diferencia de 117.76 m³/ha.

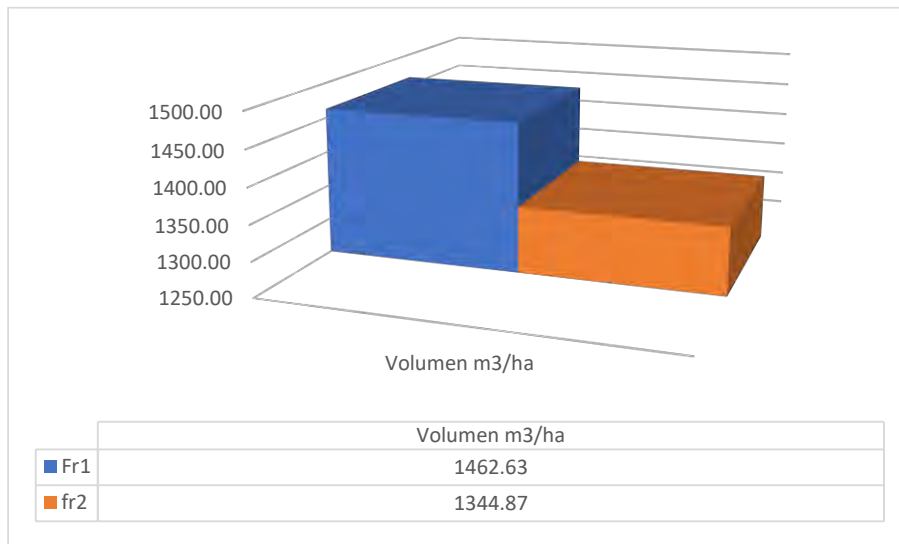


Figura 25: *Volumen de agua en m³/ha por tratamiento.*

Tabla 20

Lámina de riego bruta total (mm) para el cultivo de frijol canario centenario

| | T1FR1 | T2FR2 |
|-------------------|---------------|---------------|
| Fase vegetativa | 31.69 | 31.69 |
| Fase reproductiva | 114.57 | 102.80 |
| Acumulado | 146.26 | 134.49 |

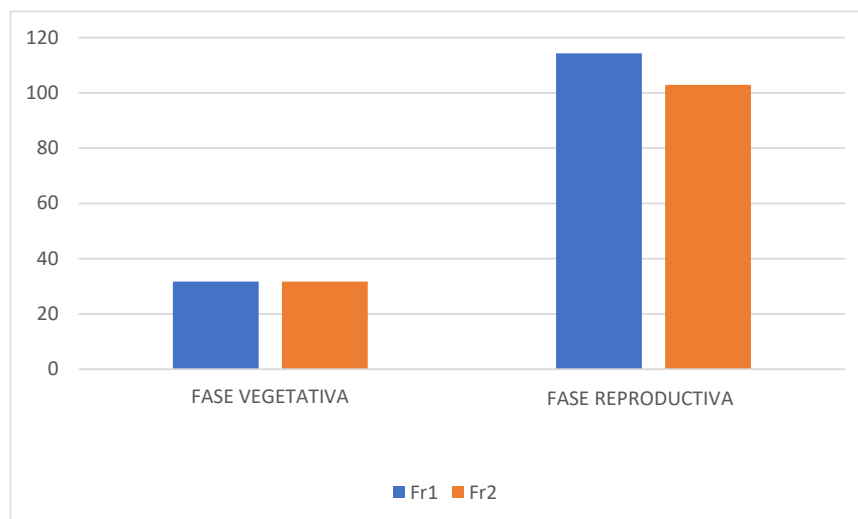


Figura 26.

Láminas de riego bruta acumulada para el frijol canario centenario.

(Ortiz, 2024) menciona que en el cultivo de frijol Canario Centenario con riego por goteo en tres tratamientos bajo condiciones de la UNALM - CIER, reportó que utilizó como consumo de agua volúmenes de: TR-3, 2668.59 m³/ha; TR-2, 1605.81 m³/ha y TR-1, 1344.26 m³/ha de agua. En comparación con los volúmenes utilizados en la presente investigación evidencian una mejor eficiencia del recurso hídrico al implementar volúmenes inferiores.

Resultados del Volumen de agua utilizado en el cultivo de frijol canario centenario.

La tabla 19 y la figura 26, se presentan los valores y gráficos de las láminas de riego aplicadas en los diferentes tratamientos, durante cada una de las fases de desarrollo del cultivo de frijol canario centenario. El tratamiento que recibió el mayor volumen de riego se aplicó en el tratamiento de Fr1, seguido por el tratamiento Fr2 con una diferencia de 117.76 m³/ha.

Estos resultados consolidan la eficiencia del sistema de riego por goteo aplicado en este estudio, al permitir un uso racional del agua y rendimientos competitivos, constituyéndose en una alternativa sostenible frente a sistemas tradicionales de riego.

VII. CONCLUSIONES

1. Al comparar los rendimientos obtenidos en la investigación se puede indicar que la variación en la frecuencia de riego (uno y dos días) no generó diferencias estadísticamente significativas en la producción de grano. según el análisis de varianza y la prueba T aplicada. No obstante, el tratamiento con riego cada dos días alcanzó un rendimiento promedio ligeramente superior (1750,6 kg/ha) en comparación con el riego diario (1714,1 kg/ha). Sin embargo, el tratamiento con riego cada dos días mostró una ligera tendencia a un mayor rendimiento promedio, lo que sugiere que un intervalo de riego más amplio no afecta negativamente la productividad del cultivo bajo las condiciones del sistema de riego por goteo.

2. Al evaluar el volumen de agua utilizado en durante la campaña de cultivo de frijol canario centenario bajo los dos tratamientos de frecuencias de riego por goteo se puede afirmar que la frecuencia de riego (de uno y dos días) permitió reducir el consumo hídrico sin afectar el rendimiento del cultivo. El tratamiento con riego diario alcanzó un uso total de 1462,63 m³/ha, mientras que el riego de dos días registró 1344,87 m³/ha a lo largo de 102 y 97 días de riego, respectivamente. Esto demuestra una mayor eficiencia en el uso del agua del sistema de riego por goteo, al optimizar el suministro hídrico y mantener una producción estable.

VIII. RECOMENDACIONES

En base a los resultados y discusiones se recomienda

1. Se recomienda realizar la siembra en la época recomendada de marzo o abril para poder obtener mejores rendimientos de esa manera también se podrá obtener el color adecuado de la variedad, ya que el presente trabajo tuvo presencia de mucha evaporación en época de verano el cual afectó en los resultados y la uniformidad del color del grano.
2. Se recomienda llevar a cabo investigaciones similares del cultivo, teniendo como variable independiente diferentes frecuencias de riego superiores a las evaluadas, especialmente en áreas donde el recurso hídrico sea un factor limitante.
3. Se recomienda investigar la influencia del método de riego por goteo u otros, en el rendimiento del cultivo de frijol.
4. Se recomienda la selección y tratamiento de los granos antes de la siembra, para obtener mejores resultados.
5. Se recomienda una buena preparación del suelo antes de la siembra, incorporando materia orgánica (estiércol) de esa manera tener suelos que favorezcan el buen desarrollo de las plantas.

IX. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS:

- Aguirre. (2021). Área de gestión de recursos naturales, Cajamarca – Perú.
- Alas, R., & Alvarenga, A. (2002). Evaluación de sustratos de origen animal y vegetal en la producción de Humus y Carne de Lombriz (*Eisenia foetida*), [Tesis de pregrado]. Universidad de San Salvador. San salvador - El Salvador.
- Albujar. E. 2019. Anuario estadístico de producción agrícola 2018. MINAGRI.
- Aparecido, W., Carvalho, W., & Ribeiro, H. (1996). Manejo da irrigação em hortaliças (Embrapa (ed.)). Brasilia – Brasil.
- Ascensión, T. 2019 Rendimiento de frijol (*Phaseolus Vulgaris* L.) con cuatro fuentes de abonos orgánicos en el distrito Nuevo Imperial, Cañete. Tesis para obtener el título de ingeniero agrónomo. Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima, Perú. 94 p.
- Aybar, L; Luis, DB. 2021. Evaluación agronómica de seis genotipos de frijol canario en condiciones del valle de Chincha, Ica, Perú, *Peruvian Agricultural Research* , 3(1).18-22. <https://doi.org/10.51431/par.v3i1.661>.
- Baca, C. (2010). Manual técnico de riego presurizado. Gobierno Regional Cusco. Cusco – Perú.
- Briceño, M., Álvarez, F., & Ulises, B. (2012). Manual de riego y drenaje. In Riego y drenaje. Escuela Agrícola Panamericana. PROMIPAC. Zamorano – Honduras.
- https://www.se.gob.hn/media/files/media/Modulo_5_Manual_de_Riego_y_Drenaje..pdf
- Broeks, A. y Calderón, L. (1996). Manual de riego por aspersión. Diseño y operación para el sistema de riego presurizado por gravedad. IMA (Instituto de Manejo de Agua y Medio Ambiente)-Convenio Perú-Holanda. Cusco - Perú.
- Camarena, M; Huaranga, J; Mostacero, N. 2009. Innovación Tecnológica para el incremento de la producción de Frijol Común (*Phaseolus vulgaris* L.). Primera Edición. Universidad Nacional Agraria La Molina. Consejo Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación Tecnológica. Lima.2009. 232 p. Recuperado en <https://downloads.editoracientifica.org/articles/210102684.pdf>. Chiappe L.
- Camarena, F.; Vega, H.; Huaranga A. (2003). Avances de la investigación en menestras en el área de la costa central peruana. Lima – Perú.
- Chiappe, L. (1992). Evaluación del potencial agrícola de la costa central, una propuesta para incrementar la frontera de producción de frijol. Tesis Mag. Sc. Lima, Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima – Perú.

- CIAT. (1994). Morfología de la planta de Frijol Común (*Phaseolus vulgaris* L). Guía de Estudio 2da. Edic. Cali-Colombia.
- Cisneros, R. (2003). Apuntes de Riego y Drenaje. Centro de Investigación y Estudios de Posgrado y Área Agro geodésica. Potosí – Bolivia.
- Cosio, P., Catalán, W., Blanco, M., & Castelo, G. (2016). Expediente técnico del compuesto racial Amarillo K'ayra. Programa de conservación y mejoramiento genético de Maíz - CICA. Cusco – Perú.
- Dirección de Estadística e Información Agraria (DEIA) .2022. Boletín estadístico mensual el agro en cifras. (MINAGRI). Recuperado en:
<https://app.powerbi.com/view?r=eyJrjoiYjYwYTk5MDgtM2M0MS00NDMyLTgzNDU0MjNhNjEzYWQyOTNlIiwidCI6IjdmMDg0NjI3LTdmNDAtNDg3OS04OTE3LTk0Yjg2ZmQzNWYzZiJ9>
- Espinoza, E. (1990). Manejo del Cultivo de Frijol. Lima – Perú.
- Espinoza, E. (2009). Evaluación de 16 genotipos seleccionados en dos densidades de siembra de frijol canario cv. Centenario (*Phaseolus vulgaris* L.) por su calidad y rendimiento en condiciones de costa central. Lima – Perú.
- Estudio FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura) Riego y Drenaje 56. Evapotranspiración de cultivo. Guías para determinación de los requerimientos de agua de los cultivos. Roma – Italia.
- FAO, (2006) (2020) (2022). Evapotranspiración del cultivo: Guías para la determinación de los requerimientos de agua de los cultivos. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Roma – Italia. <http://www.fao.org/3/a-x0490s.pdf>
- Fernández, F; Gepts, P; López, M. (1982). Etapas de desarrollo de la planta de frijol. Cali, CIAT. Cali – Colombia.
- Fernández, M. M., & García, G. (2014). El sistema de riego localizado. SERIDA Tecnología Agroalimentaria. Asturias – España.
- Fernández, R., Yruela, M., Milla, M., García, J., Oyonarte, N., Ávila, R., & Gavilán, P. (2010). Manual de Riego para Agricultores Módulo 4: Riego Localizado. Junta de Andalucía Consejería de Agricultura y Pesca. Andalucía – España.
- Firigua, J. (2019). Informe final del proyecto de organografía vegetal del frijol. Universidad de Tolima. Tolima – Colombia.
- Gerbrandij, G. (1998). Aguas y acequias. Editorial Plural, Santa Cruz - Bolivia.



- GPER-INKA (Grupo Permanente de Estudios sobre Riego). (2000). Curso en Riego Andino IV. Resumen. Cusco – Perú.
- Grassi, JC. (1985). Riego por surcos en suelos pesados Universidad de Concepción. Concepción – Chile.
- Gurovich, L. (1985). Fundamentos y diseño de sistemas de riego, IICA (Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura). San José – Costa Rica.
- Hernández, V. M., Vargas, M. L. P., Muruaga, J. S., Hernández, S., & Mayek, N. (2013). Origen, domesticación y diversificación del frijol común. Avances y perspectivas. Revista Fitotecnia Mexicana, 36(2), 95–104. <https://doi.org/10.35196/RFM.2013.2.95>
- Huaranga, A. 2004. Efecto de la fertirrigación NPK en el frijol rendimiento de cuatro variedades de frijol (*Phaseolus Vulgaris* L.) bajo riego localizado de alta frecuencia; goteo.
- INIA – Carillanca. (Instituto de Investigaciones Agropecuaria), Ministerio de Agricultura. Carillanca. Carillanca - Chile. (2001) (2022)
- Jaramillo, D. (2002). Introducción a la ciencia del suelo. Universidad Nacional de Colombia. Medellín – Colombia.
- Kay Daysi, E. (1985) Legumbres alimenticias, traducción, María Paz Hidalgo Ed. Acribia S.A. Zaragoza - España.
- Lagos, O., Manríquez., Contreras, J., Valdivia, W., Souto, C., Pérez, A., & Murillo, H. (2018). Manual sistema de riego y manejo hídricos de cultivos. Departamento de Recursos Hídricos de la Facultad de Ingeniería Agrícola de la Universidad de Concepción. Concepción – Chile.
- Martínez, C. (2020). Fertilizantes para fertirriego: conceptos y propiedades. Colegio Mexicano de Ingenieros en Irrigación. Tabasco – México.
- Martínez, L. (1998). Manual de fertirrigación. CROMOgraf Ltda. Atacama – Chile.
- Meneses, R, Waaijemberg, H. Y Pierola, L. (1996). Las leguminosas en la agricultura boliviana. Proyecto Rhizobiología. Cochabamba - Bolivia.
- MINAGRI. (2015). Manual del Cálculo de Eficiencia para Sistemas de Riego. Dirección General de Infraestructura Agraria y Riego (DGIAR). Lima – Perú.

- N. Guaman, T. Desiderio-Veral, A. Villavicencio, S. Ulloa-Cortázar, y S. Romero-Salgado, "Adaptabilidad de cuatro variedades de fréjol (*Phaseolus vulgaris*L.) en la parroquia Luz de América- Ecuador, "Siembra, vol. 7, no. 1, pp. 1–11, 2020. <https://doi.org/10.29166/siembra.v7i1.1908>
- Navarro, M. (2002). Nutrición vegetal balanceada y riego por goteo en cultivos hortícolas. Guanajuato – México.
- Ogaidi, A; Wayayok, A; Rowshon, M; Fikri, A. 2016. Wetting patterns estimation under drio irrigation systems using an enhanced empirical model. Agricultural wáter management 176,203-213. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2016.06.002>.
- Olarte, W. (2002). Manual diseño y gestión de sistemas de riego por aspersión en laderas. Proyecto MASAL (Manejo Sostenible de Suelos y Agua en Laderas). Cusco-Perú.
- Olivera, J. (2012). Cultivo de Frijol. Instituto Nacional de Innovación Agraria. Lima - Perú.
- Ortiz, C. (2024) Efecto del uso de materia orgánica y el riego parcial en frijol (*Phaseolus vulgaris*) utilizando riego por goteo.
- Ortiz, N. (2020). Uso eficiente del agua en la producción de semilla de frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.). Universidad Agraria. Carazo - Nicaragua.
- Palacios, M. (1998). Riego Presurizado. Colegio de Hidrociencias. Montecillo - México.
- Pastor, N. (2000). Utilización de sustratos en viveros. Terra Latinoamericana. Chapingo - México. <https://www.redalyc.org/pdf/573/57317307.pdf>
- Pérez, C. (2021). Dosis de riego y coeficiente del cultivo (Kc) en la producción del frijol (*Phaseolus vulgaris* L.). Lima - Perú.
- Pino, E. (2021). Evaporación y evapotranspiración en hidrología: medición, estimación y aplicaciones. Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann. Fondo Editorial Universitario. Tacna - Perú. <https://doi.org/10.33326/9786124818974>
- Pizarro, C. (1996). Riego localizado de alta frecuencia (RLAF) goteo, microaspersión, exudación. Mundi-Prensa. Madrid - España.
- PLGO. (2008). Memoria anual 2007. Programa de Investigación y Proyección Social de Leguminosas de Grano y Oleaginosas - Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima - Perú.

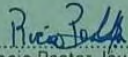
- Restrepo, C y Laing. (1979). Conceptos básicos de fisiología de frijol. Curso intensivo de adiestramiento post - grado de investigación de producción de frijol CIAT. Cali-Colombia.
- Rojas, M. (2015), Tipos de Investigación científica. Lima - Perú. <https://www.redalyc.org/pdf/636/63638739004.pdf>
- Salazar, L. (1969). Efecto de cuatro frecuencias de Riego sobre los rendimientos en el cultivo de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) Tesis Ing. Agrónomo. UNALM. Lima – Perú.
- SEPA. (2017), serie de estadísticas de producción agrícola del Ministerio de Agricultura. MINAGRI. Lima - Perú. http://frenteweb.minagri.gob.pe/sisca/?mod=consulta_cult
- Singh, S. (1999). Com bean improvement in the twenty – first century. Kluwer Academic Publishers. The Netherlands.
- TUBOPLAST S.A. (2004). Especificaciones Técnicas. Tuberías y accesorios de PVC y polietileno. Lima - Perú.
- Valladolid, Ángel, (2001). El Cultivo del frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) en la costa del Perú, INIA. Lima - Perú
- Valladolid, CH.A. (1993). El Cultivo de Frijol (*Phaseolus vulgaris* L) en la Costa Central del Perú. INIA. Lima - Perú.
- Valverde, J.C. (2002). Sistemas de riego por goteo. Gestión integral de recurso hídrico en un sistema productivo. Santiago - Chile.
- Vásquez, J; Vilca, V; Valqui, R. 2023. Manual de manejo agronómico de frijol en regiones andinas. Instituto nacional de innovación agraria -INIA. Recuperado en <https://repositorio.inia.gob.pe/>.
- Voysest, O. (1993). Variedades de frijol en América Latina y su origen, CIAT. Cali - Colombia.
- Yzarra, J., & López, F. (2017). Manual de observaciones fenológicas. Sistema Nacional de Meteorología e Hidrología. Lima - Perú.
- Zegarra, M. (2019). Demanda hídrica del cultivo de beterraga (*Beta vulgaris* L.) con riego por goteo en el Centro Agronómico K'ayra. [Tesis de pregrado]. Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco. Cusco - Perú.


X. ANEXOS

Anexo 1: Análisis de agua de riego

| | | |
|---|---|---|
|  | UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA FACULTAD DE INGENIERÍA AGRÍCOLA DEPARTAMENTO DE RECURSOS HÍDRICOS DRH LABORATORIO DE AGUA, SUELO, MEDIO AMBIENTE Y FERTIRRIEGO Av. La Molina s/n. Telefax: 6147800 Anexo 226 Lima. E-mail: las-fia@lamolina.edu.pe |  |
| | | N° 010661 |
| ANÁLISIS DE AGUA - RUTINA | | |
| SOLICITANTE | : CIER | |
| PROYECTO | : RIEGO POR ASPERSIÓN, GOTEYO Y GRAVEDAD EN EL CULTIVO DE FRIJOL | |
| UBICACIÓN | : UNALM- La Molina | |
| RESPONSABLE ANÁLISIS | : Ing. Nore Arévalo Flores | |
| FECHA DE ANÁLISIS | : La Molina, 06 de septiembre de 2023 | |
| N° LABORATORIO | 10661 | |
| N° DE CAMPO | Agua | |
| CE dS m ⁻¹ | 0.75 | |
| pH | 7.80 | |
| Calcio meq l ⁻¹ | 3.04 | |
| Magnesio meq l ⁻¹ | 1.05 | |
| Sodio meq l ⁻¹ | 3.49 | |
| Potasio meq l ⁻¹ | 0.23 | |
| SUMA DE CATIONES | 7.82 | |
| Cloruro meq l ⁻¹ | 1.42 | |
| Sulfato meq l ⁻¹ | 0.34 | |
| Bicarbonato meq l ⁻¹ | 5.94 | |
| Nitratos meq l ⁻¹ | 0.00 | |
| Carbonatos meq l ⁻¹ | 0.00 | |
| SUMA DE ANIONES | 7.70 | |
| SAR | 2.44 | |
| CLASIFICACION | C3-S1 | |
| Boro mg l ⁻¹ | 1.04 | |
| Alcalinidad total mg CaCO ₃ l ⁻¹ | 297.21 | |
| Fosforo mg PO ₄ l ⁻¹ | 4.30 | |



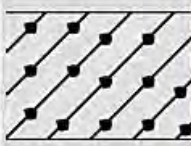
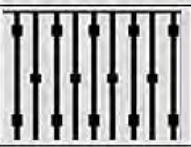

LABORATORIO DE ANALISIS DE AGUA Y SUELO


Dra. Rocio Pastor Jáuregui
JEFA DE LABORATORIO



Fuente: Laboratorio de agua, suelo, medio ambiente y fertirriego-FIA-UNALM, 2023

Anexo 2: Descripción de Horizontes en la Calicata

| TESIS | | DESCRIPCION DE HORIZONTES | | | | CALICATA C-01 | |
|---------------------------------|-----------------------|--|--|--|---------|---|--|
| ÁREAS AGRÍCOLAS | | | | | | | |
| Solicitante: | | OMAYRA LIZBETH HUANCA BUSTAMANTE | | | | | |
| Proyecto : | | Efecto de dos frecuencias de riego por goteo en el cultivo de frijol (<i>Phaseolus vulgaris</i> L.) bajo condiciones del Centro de Investigación y Extensión en Riego – CIER - NETAFIM, La Molina, Lima | | | | | |
| Ubicación del Proyecto: | | CIER- UNALM parcela de Aspersión | | Nivel Freático (m) : | | N.P | |
| Sector : | | CIER- UNALM parcela de Aspersión | | Profundidad (m) : | | 1.30 | |
| Ubicación : | | UNALM-LIMA | | Progresiva (km) : | | | |
| Fecha : | | Set-23 | | Coordenadas (m) : | | | |
| | | | | Realizado : | | | |
| PROF. mts. | TIPO DE EXCAV. | MUESTRA | ESTRATOS | DESCRIPCION DE LA MUESTRA | TEXTURA | SIMBOLO | |
| 0.00 | A CIELO ABIERTO | M1 |  | Material orgánico con presencia de raíces, presenta una cobertura de 0.35 m. aproximadamente, de consistencia medianamente compacto, color marrón claro, bajo en contenido de materia organica | O |  | |
| 0.35 | | M2 | | Arena Arcillosa que se encuentra en estado compacto, se observa algunos fragmentos de piedra de 6" aproximadamente, presenta una coloración de beige a tonalidades más intensas. | A1 |  | |
| 0.63 | | M3 | | Arena Arcillosa con framentos de grava y bloques de roca de 4" aproximadamente , se encuentra en estado compacto, presenta una coloración beige claro a tonalidades intensas. | A2 |  | |
| 0.87 | | M4 | | Se observa la presencia de roca de gran consistencia a la profundidad de 1.20 m, constituyéndose como roca firme. | A3 |  | |
| 1.30 | | | | | | | |
| Observaciones: NP (No presenta) | | | | | | | |
| TESISTA | | | | OMAYRA HUANCA BUSTAMANTE | | | |

Fuente: Elaboración propia

Anexo 3: Análisis de caracterización del suelo de la parcela experimental

ANÁLISIS DE SUELOS: CARACTERIZACIÓN

Solicitante: Omayra Huanca Bustamante

Departamento: Lima

Distrito: La Molina

Referencia: Área de Investigación en Frijol canario centenario

Provincia: Lima

Predio: CIER- Parcela 14

Fecha: 06/09/2023

| Número de Muestra | | pH (1:1) | C.E. (1:1) dS/m | CaCO ₃ % | M.O. % | P ppm | K ppm | Análisis Mecánico | | | Clase Textural | CIC | Cationes Cambiables | | | | | Suma de Cationes | Suma de Bases | % Sat. De Bases |
|-------------------|------------------|-------------|-----------------------|------------------------|-----------|----------|----------|-------------------|-------|---------|-------------------|-------|---------------------|------------------|----------------|-----------------|-----------------------------------|------------------------|---------------------|--------------------------|
| Lab | Claves | | | | | | | Arena | Limo | Arcilla | | | Ca ²⁺ | Mg ²⁺ | K ⁺ | Na ⁺ | Al ³⁺ + H ⁺ | | | |
| | | | | | | | | % | % | % | | | meq/100g | | | | | | | |
| 19795 | Prof. 0.0-0.3 m | 7.76 | 4.92 | 3.55 | 2.00 | 60.1 | 1840.60 | 58.56 | 19.28 | 22.16 | Fr.Ar.A | 16.03 | 10.56 | 1.59 | 0.80 | 0.07 | 0.00 | 97.50 | 97.81 | 31 |
| 19796 | Prof.0.3-0.6 m | 7.99 | 2.45 | 4.44 | 1.19 | 35.23 | 494.20 | 54.56 | 21.28 | 24.16 | Fr.Ar.A | 16.32 | 10.12 | 1.47 | 0.38 | 0.15 | 0.00 | 56.56 | 56.33 | 37 |
| 19797 | Prof. 0.6-1.2 m. | 8.15 | 1.20 | 10.66 | 0.44 | 28.4 | 116.72 | 38.56 | 47.28 | 14.16 | Fr. | 15.11 | 9.39 | 1.04 | 0.05 | 0.04 | 0.00 | 26.08 | 26.02 | 38 |

A = Arena; A.Fr. = Arena Franca; Fr.A. = Franco Arenoso; Fr. = Franco; Fr.L. = Franco Limoso; L = Limoso; Fr.Ar.A. = Franco Arcillo Arenoso; Fr.Ar. = Franco Arcilloso; Fr.Ar.L. = Franco Arcillo Limoso; Ar.A. = Arcillo Arenoso; Ar.L. = Arcillo Limoso; Ar. = Arcilloso

| Número de Muestra | | C.C. % | P.M. % |
|-------------------|------------------|-----------|-----------|
| Lab | Claves | | |
| 19795 | Prof. 0.0 -0.3 m | 15.31 | 7.66 |
| 19796 | Prof.0.3-0.6 m. | 15.10 | 6.17 |
| 19797 | Prof. 0.6-1.2 m. | 17.82 | 9.41 |

Fuente: Elaboración propia

Anexo 4: Análisis de caracterización del suelo de la parcela experimental



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA
FACULTAD DE INGENIERÍA AGRÍCOLA
DEPARTAMENTO DE RECURSOS HIDRICOS DRH
LABORATORIO DE AGUA, SUELO MEDIO AMBIENTE, FERTIRRIEGO
 Av. La Molina s/n teléf.: 614 7800 anexo 226 / 349 3969 E mail: las-fia@lamolina.edu.pe

ANÁLISIS DE SUELO - SALINIDAD Y SODICIDAD



Nº 019796

LABORATORIO DE ANALISIS DE AGUA Y SUELO



Dra. Rocio Pastor Jauregui
JEFA DE LABORATORIO



Fuente: Laboratorio de agua, suelo, medio ambiente y fertirriego-FIA-UNALM, 2023

Anexo 5: Plano topográfico del CIER- área de investigación



Fuente: NETAFIM

Anexo 6: Prueba de Infiltración en el área de investigación

Responsab. : Omayra Huanca Bustamante
Método : Infiltrómetro de Anillos Concentricos
Textura : Suelo Franco Arcillo Arenoso

Parcela de aspersión
Serie Suelo : CIER UNALM
Sector :
Calicata N° : 1

PRUEBA DE INFILTRACION (Método de los Cilindros Infiltrómetros)

| Lectura (cm) | n Nlecturas | Tiempo (minutos) | | Lámina Infiltrada (cm) | | Velocidad de Infiltración (cm/hora) | | CALCULO DE LA FUNCIÓN DE LA LAMINA INFILTRADA ACUMULADA | | | CALCULO DE LA FUNCIÓN DE VELOCIDAD DE INFILTRACION | | | | | CALCULO DE LA FUNCIÓN DE VELOCIDAD DE INFILTRACION PROMEDIO | | | | | | | | |
|--------------|-------------|------------------|----------------|------------------------|------------------|-------------------------------------|----------|---|--|---------------------------------|--|----------------|----------------------|--------------|--------------|---|----------------|----------------------|--------------|--------------|----------------|----------------|-------------|-------------|
| | | Parcial | Acumulado (To) | Parcial (cm) | Acumulado (Icum) | Instantanea (I) | Promedio | (Log T) = X Tiempo (min) Acumulado | Log(Icum)=YI Lamina (cm) Acumulado | T _i x y _i | T _i ² | Y ² | X=Log t _o | Y=Log (I) | X*Y | X ² | Y ² | X=Log t _o | Y=Log (I) | X*Y | X ² | Y ² | | |
| 31.000 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.0 | 0.0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| 30.900 | 1 | 1.0 | 1.0 | 0.10 | 0.10 | 6.0 | 6.0 | 0.00 | -1.00 | 0.00 | 0.00 | 1.00 | 0.00 | 0.78 | 0.00 | 0.00 | 0.61 | 0.00 | 0.78 | 0.00 | 0.00 | 0.61 | 0.61 | |
| 30.800 | 2 | 1.0 | 2 | 0.10 | 0.20 | 6.0 | 6.0 | 0.30 | -0.70 | -0.21 | 0.09 | 0.49 | 0.30 | 0.78 | 0.23 | 0.09 | 0.61 | 0.30 | 0.78 | 0.23 | 0.09 | 0.61 | 0.61 | |
| 30.700 | 3 | 1.0 | 3 | 0.10 | 0.30 | 6.0 | 6.0 | 0.48 | -0.52 | -0.25 | 0.23 | 0.27 | 0.48 | 0.78 | 0.37 | 0.23 | 0.61 | 0.48 | 0.78 | 0.37 | 0.23 | 0.61 | 0.61 | |
| 30.500 | 4 | 1.0 | 4.0 | 0.20 | 0.50 | 12.0 | 7.5 | 0.60 | -0.30 | -0.18 | 0.36 | 0.09 | 0.60 | 1.08 | 0.65 | 0.36 | 1.16 | 0.60 | 0.88 | 0.53 | 0.36 | 0.77 | 0.77 | |
| 30.400 | 5 | 1.0 | 5.0 | 0.10 | 0.60 | 6.0 | 7.2 | 0.70 | -0.22 | -0.16 | 0.49 | 0.05 | 0.70 | 0.78 | 0.54 | 0.49 | 1.16 | 0.70 | 0.86 | 0.60 | 0.49 | 0.74 | 0.74 | |
| 30.200 | 6 | 2.0 | 7.0 | 0.20 | 0.80 | 6.0 | 6.9 | 0.85 | -0.10 | -0.08 | 0.71 | 0.01 | 0.85 | 0.78 | 0.66 | 0.71 | 0.61 | 0.85 | 0.84 | 0.71 | 0.71 | 0.70 | 0.70 | |
| 30.000 | 7 | 3.0 | 10.0 | 0.20 | 1.00 | 4.0 | 6.0 | 1.00 | 0.00 | 0.00 | 1.00 | 0.00 | 1.00 | 0.60 | 0.60 | 1.00 | 0.36 | 1.00 | 0.78 | 0.78 | 1.00 | 0.61 | 0.61 | |
| 29.800 | 8 | 3.0 | 13.0 | 0.20 | 1.20 | 4.0 | 5.5 | 1.11 | 0.08 | 0.09 | 1.24 | 0.01 | 1.11 | 0.60 | 0.67 | 1.24 | 0.36 | 1.11 | 0.74 | 0.83 | 1.24 | 0.55 | 0.55 | |
| 29.700 | 9 | 3.0 | 16.0 | 0.10 | 1.30 | 2.0 | 4.9 | 1.20 | 0.11 | 0.14 | 1.45 | 0.01 | 1.20 | 0.30 | 0.36 | 1.45 | 0.09 | 1.20 | 0.69 | 0.83 | 1.45 | 0.47 | 0.47 | |
| 29.300 | 10 | 5.0 | 21.0 | 0.40 | 1.70 | 4.8 | 4.9 | 1.32 | 0.23 | 0.30 | 1.75 | 0.05 | 1.32 | 0.68 | 0.90 | 1.75 | 0.46 | 1.32 | 0.69 | 0.91 | 1.75 | 0.47 | 0.47 | |
| 29.200 | 11 | 5.0 | 26.0 | 0.10 | 1.80 | 1.2 | 4.2 | 1.41 | 0.26 | 0.36 | 2.00 | 0.07 | 1.41 | 0.08 | 0.11 | 2.00 | 0.01 | 1.41 | 0.62 | 0.88 | 2.00 | 0.38 | 0.38 | |
| 29.000 | 12 | 5.0 | 31.0 | 0.20 | 2.00 | 2.4 | 3.9 | 1.49 | 0.30 | 0.45 | 2.22 | 0.09 | 1.49 | 0.38 | 0.57 | 2.22 | 0.14 | 1.49 | 0.59 | 0.88 | 2.22 | 0.35 | 0.35 | |
| 28.700 | 13 | 10.0 | 41.0 | 0.30 | 2.30 | 1.8 | 3.4 | 1.61 | 0.36 | 0.58 | 2.60 | 0.13 | 1.61 | 0.26 | 0.41 | 2.60 | 0.07 | 1.61 | 0.53 | 0.85 | 2.60 | 0.28 | 0.28 | |
| 28.200 | 14 | 20.0 | 61.0 | 0.50 | 2.80 | 1.5 | 2.8 | 1.79 | 0.45 | 0.80 | 3.19 | 0.20 | 1.79 | 0.18 | 0.31 | 3.19 | 0.03 | 1.79 | 0.44 | 0.79 | 3.19 | 0.19 | 0.19 | |
| 27.800 | 15 | 20.0 | 81.0 | 0.40 | 3.20 | 1.2 | 2.4 | 1.91 | 0.51 | 0.96 | 3.64 | 0.26 | 1.91 | 0.08 | 0.15 | 3.64 | 0.01 | 1.91 | 0.37 | 0.72 | 3.64 | 0.14 | 0.14 | |
| 27.500 | 16 | 11.0 | 92.0 | 0.30 | 3.50 | 1.6 | 2.3 | 1.96 | 0.54 | 1.07 | 3.86 | 0.30 | 1.96 | 0.21 | 0.42 | 3.86 | 0.05 | 1.96 | 0.36 | 0.70 | 3.86 | 0.13 | 0.13 | |
| 27.400 | 17 | 20.0 | 112.0 | 0.10 | 3.60 | 0.3 | 1.9 | 2.05 | 0.56 | 1.14 | 4.20 | 0.31 | 2.05 | -0.52 | -1.07 | 4.20 | 0.27 | 2.05 | 0.29 | 0.58 | 4.20 | 0.08 | 0.08 | |
| 27.050 | 18 | 8.0 | 120.0 | 0.35 | 3.95 | 2.6 | 2.0 | 2.08 | 0.60 | 1.24 | 4.32 | 0.36 | 2.08 | 0.42 | 0.87 | 4.32 | 0.18 | 2.08 | 0.30 | 0.61 | 4.32 | 0.09 | 0.09 | |
| 26.150 | 19 | 30.0 | 150.0 | 0.90 | 4.85 | 1.8 | 1.9 | 2.18 | 0.69 | 1.49 | 4.74 | 0.47 | 2.18 | 0.26 | 0.56 | 4.74 | 0.07 | 2.18 | 0.29 | 0.63 | 4.74 | 0.08 | 0.08 | |
| 24.850 | 20 | 30.0 | 180.0 | 1.30 | 6.15 | 2.6 | 2.1 | 2.26 | 0.79 | 1.78 | 5.09 | 0.62 | 2.26 | 0.41 | 0.94 | 5.09 | 0.17 | 2.26 | 0.31 | 0.70 | 5.09 | 0.10 | 0.10 | |
| 23.350 | 21 | 20.0 | 200.0 | 1.50 | 7.65 | 4.5 | 2.3 | 2.30 | 0.88 | 2.03 | 5.29 | 0.78 | 2.30 | 0.65 | 1.50 | 5.29 | 0.43 | 2.30 | 0.36 | 0.83 | 5.29 | 0.13 | 0.13 | |
| 21.750 | 22 | 12.0 | 212.0 | 1.60 | 9.25 | 8.0 | 2.6 | 2.33 | 0.97 | 2.25 | 5.41 | 0.93 | 2.33 | 0.90 | 2.10 | 5.41 | 0.82 | 2.33 | 0.42 | 0.97 | 5.41 | 0.17 | 0.17 | |
| | 22 | | | | | | | Sumatoria Total | 30.93 | 4.47 | 13.81 | 53.89 | 6.49 | 30.93 | 10.46 | 11.86 | 53.89 | 7.70 | 30.93 | 12.66 | 14.92 | 53.89 | 8.24 | 8.24 |

Fuente: Elaboración Propia

Parametros Determinados para las Ecuaciones de Infiltracion

| Inf. Acumulada | Velocidad de Infiltracion | Veloc. de Infil. Promedio |
|-----------------------|---------------------------|---------------------------|
| B = 0.72 | b = -0.27 | b = -0.28 |
| A = 0.15 | a = 7.24 | a = 9.24 |
| r ² = 0.97 | r ² = 0.29 | r ² = 0.84 |

Ecuacion de la Lamina de Infiltracion Acumulada

0.72
I = 0.15 t_o cm/min

Ecuacion de la Velocidad de Infiltracion Instantanea

-0.28
I = 6.68 t_o cm/hora

Ecuacion de la Velocidad de Infiltracion Basica

-0.27
I = 7.24 t_o

Ecuacion de la Velocidad de Infiltracion Promedio

-0.28
I = 9.24 t

CONCLUSION DE INFILTRACION PARA FINES DE RIEGO

| Parametros Inf. Basica | T base (min) | Infil. Basica (cm/hora) |
|------------------------|--------------|-------------------------|
| a = 6.68 | b = -0.28 | 166.43 |
| | | 16.159 mm/h |

Ecuaciones Aplicadas

$$I = A * t_o^n$$

$$\log I = \log A + B \log t_o$$

$$Y = A_o + B * T$$

$$b = \frac{n \sum y_i t_i - \sum t_i \sum y_i}{n \sum t_i^2 - (\sum t_i)^2}$$

$$r^2 = \frac{(\sum y_i t_i - \frac{\sum t_i \sum y_i}{n})^2}{(\sum t_i^2 - \frac{(\sum t_i)^2}{n}) (\sum y_i^2 - \frac{(\sum y_i)^2}{n})}$$

$$A_o = \frac{\sum y_i}{n} - b \frac{\sum t_i}{n}$$

$$A = \text{Anti log}(A_o)$$

Curvas Normales de Infiltracion

Fuente: Elaboración propia

Anexo 7: Datos meteorológicos.

OCTOBER 2023
LOCAL CLIMATOLOGICAL DATA
 DAVIS INSTRUMENTS, WEATHERLINK NETWORK

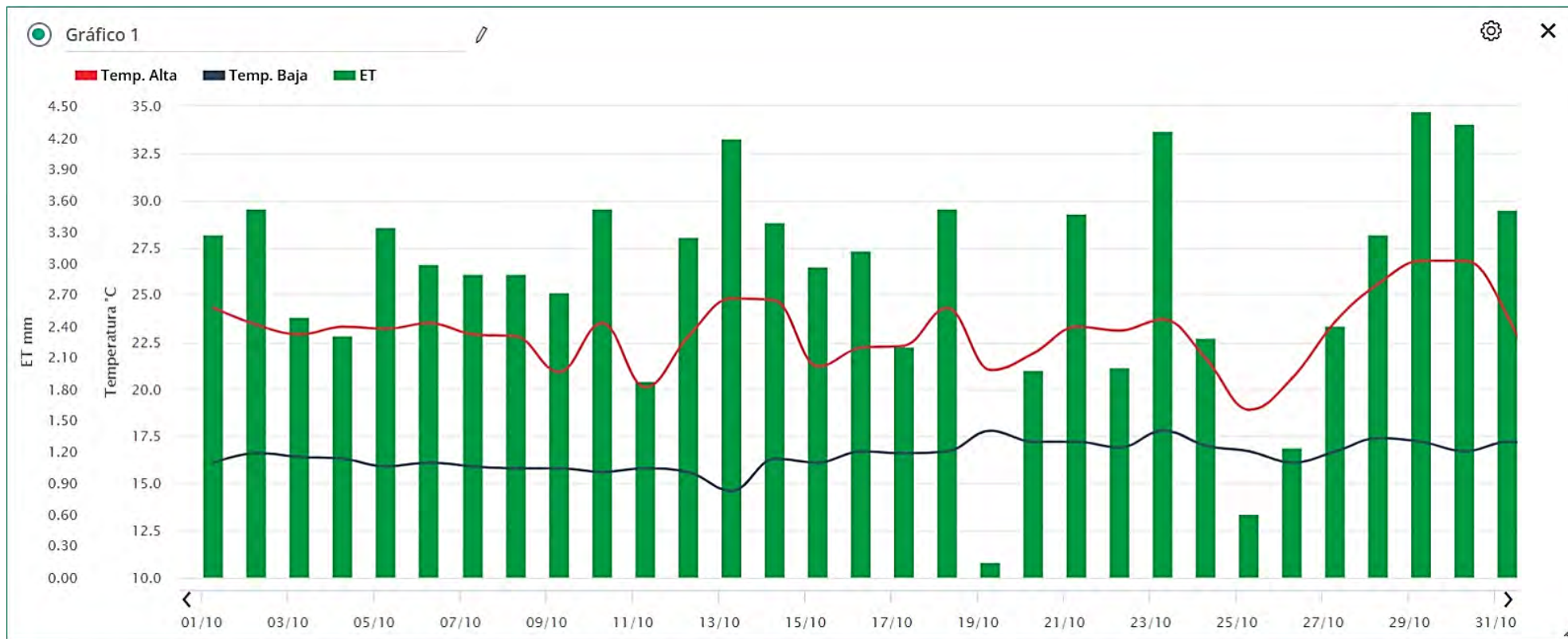
La Molina, Provincia de Lima PER
Maestría Recursos Hídricos



Lat: -12.0837 Long: -76.9510 Elev (ground): 233 m Time Zone: America/Lima

| Date | TEMPERATURE °C | | | | | DEG DAYS BASE 18.3° | | PRECIP. (mm) | PRESSURE (mb) | | WIND SPEED = m/s DIR = DEGREES | | | | | | | Date | |
|----------------------|----------------|------------------------|---------|-------------------------|---------------------|---------------------------|---------|--|------------------|----------------------------------|--------------------------------------|------------------------|---------|---------------------|----------|-----|---------|------|-----|
| | MAXIMUM | MINIMUM | AVERAGE | AVERAGE DEW PT | AVERAGE WET BULB | HEATING | COOLING | | WATER EQUIV | AVERAGE STATION | AVERAGE SEA LEVEL | RESULTANT SPEED | RES DIR | AVERAGE SPEED | WIND MAX | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | INSTANT | | ARCHIVE | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | SPEED | DIR | SPEED | | DIR |
| 01 | 24.3 | 16.1 | 18.7 | 16.1 | 16.8 | 0.848 | 1.209 | 0.0 | 961.3 | 987.5 | 1.6 | 206 | 1.3 | 7.2 | 225 | 4.0 | 202 | 01 | |
| 02 | 23.4 | 16.6 | 18.7 | 16.3 | 17.0 | 0.741 | 1.122 | 0.0 | 960.6 | 986.7 | 1.9 | 207 | 1.8 | 7.6 | 202 | 4.5 | 202 | 02 | |
| 03 | 22.9 | 16.4 | 18.2 | 16.2 | 16.8 | 0.757 | 0.621 | 0.0 | 960.5 | 986.6 | 1.8 | 202 | 1.8 | 6.7 | 202 | 3.6 | 225 | 03 | |
| 04 | 23.3 | 16.3 | 18.2 | 16.2 | 16.8 | 0.967 | 0.822 | 0.0 | 960.5 | 986.6 | 1.3 | 209 | 1.3 | 5.4 | 202 | 3.1 | 202 | 04 | |
| 05 | 23.2 | 15.9 | 18.3 | 16.1 | 16.7 | 1.134 | 1.053 | 0.0 | 962.2 | 988.3 | 1.7 | 215 | 1.3 | 6.7 | 202 | 4.5 | 225 | 05 | |
| 06 | 23.5 | 16.1 | 18.1 | 16.0 | 16.6 | 1.020 | 0.793 | 0.0 | 963.7 | 989.8 | 1.6 | 202 | 1.3 | 7.6 | 225 | 4.0 | 225 | 06 | |
| 07 | 22.9 | 15.9 | 17.8 | 15.8 | 16.4 | 1.122 | 0.631 | 0.0 | 961.8 | 987.9 | 1.8 | 206 | 1.8 | 6.7 | 202 | 4.5 | 202 | 07 | |
| 08 | 22.8 | 15.8 | 18.0 | 15.8 | 16.5 | 1.174 | 0.802 | 0.0 | 961.0 | 987.2 | 1.3 | 212 | 0.9 | 6.3 | 158 | 3.6 | 202 | 08 | |
| 09 | 20.9 | 15.8 | 17.5 | 15.5 | 16.1 | 1.176 | 0.340 | 0.0 | 961.0 | 987.1 | 1.9 | 209 | 1.3 | 6.7 | 225 | 4.0 | 202 | 09 | |
| 10 | 23.5 | 15.6 | 18.5 | 15.9 | 16.6 | 1.021 | 1.148 | 0.0 | 961.1 | 987.2 | 1.7 | 213 | 1.3 | 7.2 | 202 | 4.0 | 225 | 10 | |
| 11 | 20.1 | 15.8 | 17.2 | 15.3 | 15.9 | 1.244 | 0.120 | 0.0 | 960.1 | 986.2 | 1.4 | 210 | 1.3 | 5.8 | 225 | 3.1 | 202 | 11 | |
| 12 | 22.8 | 15.6 | 18.0 | 15.5 | 16.2 | 1.187 | 0.869 | 0.0 | 959.7 | 985.9 | 1.4 | 213 | 0.9 | 6.3 | 202 | 3.6 | 202 | 12 | |
| 13 | 24.8 | 14.6 | 18.4 | 15.7 | 16.5 | 1.146 | 1.195 | 0.0 | 960.7 | 986.8 | 2.0 | 210 | 1.3 | 6.3 | 202 | 3.6 | 202 | 13 | |
| 14 | 24.7 | 16.3 | 18.6 | 16.0 | 16.7 | 0.826 | 1.082 | 0.0 | 961.6 | 987.7 | 1.7 | 212 | 1.3 | 7.2 | 225 | 4.0 | 225 | 14 | |
| 15 | 21.2 | 16.1 | 18.0 | 15.8 | 16.5 | 0.845 | 0.541 | 0.0 | 961.6 | 987.7 | 1.8 | 209 | 1.3 | 6.3 | 158 | 3.6 | 225 | 15 | |
| 16 | 22.2 | 16.7 | 18.3 | 16.2 | 16.8 | 0.788 | 0.743 | 0.0 | 961.5 | 987.7 | 1.8 | 211 | 1.8 | 6.7 | 225 | 4.0 | 202 | 16 | |
| 17 | 22.3 | 16.6 | 18.4 | 16.3 | 16.9 | 0.586 | 0.638 | 0.0 | 961.0 | 987.1 | 1.7 | 206 | 1.3 | 6.3 | 202 | 4.0 | 225 | 17 | |
| 18 | 24.3 | 16.7 | 19.2 | 16.8 | 17.5 | 0.505 | 1.322 | 0.0 | 960.2 | 986.2 | 1.8 | 212 | 1.3 | 7.2 | 225 | 4.5 | 225 | 18 | |
| 19 | 21.0 | 17.8 | 18.4 | 17.4 | 17.8 | 0.039 | 0.060 | 0.0 | 966.4 | 994.0 | 2.1 | 86 | 1.8 | 7.6 | 90 | 5.4 | 90 | 19 | |
| 20 | 21.9 | 17.2 | 18.8 | 17.8 | 18.2 | 0.334 | 0.821 | 0.0 | 967.3 | 995.0 | 1.8 | 83 | 1.8 | 5.4 | 112 | 3.1 | 68 | 20 | |
| 21 | 23.3 | 17.2 | 19.3 | 17.9 | 18.3 | 0.300 | 1.237 | 0.0 | 967.2 | 994.8 | 1.9 | 87 | 1.8 | 8.0 | 90 | 4.9 | 90 | 21 | |
| 22 | 23.1 | 16.9 | 19.0 | 17.7 | 18.1 | 0.378 | 1.058 | 0.0 | 968.6 | 996.3 | 1.4 | 89 | 1.3 | 5.8 | 90 | 3.6 | 90 | 22 | |
| 23 | 23.7 | 17.8 | 19.7 | 18.2 | 18.7 | 0.145 | 1.540 | 0.0 | 967.6 | 995.2 | 2.0 | 89 | 1.8 | 7.2 | 90 | 4.0 | 90 | 23 | |
| 24 | 21.6 | 17.0 | 18.3 | 17.4 | 17.7 | 0.601 | 0.592 | 0.0 | 972.2 | 999.9 | 1.5 | 93 | 1.3 | 6.3 | 90 | 3.6 | 112 | 24 | |
| 25 | 18.9 | 16.7 | 17.6 | 16.7 | 17.0 | 0.766 | 0.015 | 0.0 | 986.4 | 1014.1 | 1.2 | 97 | 0.9 | 5.4 | 112 | 2.2 | 112 | 25 | |
| 26 | 20.6 | 16.1 | 18.0 | 16.7 | 17.2 | 0.756 | 0.459 | 0.0 | 986.4 | 1014.1 | 1.1 | 84 | 0.9 | 4.9 | 90 | 2.7 | 90 | 26 | |
| 27 | 23.6 | 16.7 | 19.1 | 17.3 | 17.9 | 0.477 | 1.200 | 0.0 | 987.0 | 1014.7 | 1.3 | 76 | 1.3 | 8.0 | 90 | 4.5 | 90 | 27 | |
| 28 | 25.6 | 17.4 | 20.3 | 17.6 | 18.5 | 0.157 | 2.085 | 0.0 | 988.1 | 1015.8 | 1.8 | 84 | 1.3 | 8.5 | 68 | 4.9 | 90 | 28 | |
| 29 | 26.8 | 17.2 | 21.6 | 18.3 | 19.4 | 0.087 | 3.367 | 0.0 | 987.1 | 1014.9 | 1.9 | 77 | 1.8 | 9.4 | 90 | 5.8 | 68 | 29 | |
| 30 | 26.8 | 16.7 | 20.1 | 17.9 | 18.6 | 0.483 | 2.298 | 0.0 | 985.4 | 1013.1 | 2.2 | 90 | 1.8 | 8.0 | 90 | 5.4 | 90 | 30 | |
| 31 | 23.8 | 17.2 | 19.3 | 17.4 | 18.1 | 0.395 | 1.357 | 0.0 | 985.7 | 1013.4 | 1.6 | 94 | 1.3 | 5.8 | 90 | 3.6 | 68 | 31 | |
| | 23.0 | 16.5 | 18.6 | 16.6 | 17.3 | 0.710 | 1.004 | | 968.2 | 995.0 | 1.7 | 157 | 1.4 | < Monthly Avg | | | | | |
| NUMBER OF DAYS WITH: | | Maximum Temp ≥ 32.2: 0 | | Minimum Temp ≤ 0: 0 | | Precipitation ≥ 0.2 mm: 0 | | Greatest 24 - hr precipitation: Dates: | | Monthly Total Precipitation: 0.0 | | | | | | | | | |
| | | Maximum Temp ≤ 0: 0 | | Minimum Temp ≤ -17.7: 0 | | Precipitation ≥ 2.0 mm: 0 | | | | | | | | | | | | | |
| SEA LEVEL PRESSURE: | | MAXIMUM: 1018.0 | | DATE: 28 | | TIME: 10:00 | | DEGREE DAYS: > | | HEATING: 22.005 | | MONTHLY TOTAL: 67.936 | | DAYS TO DATE TOTAL: | | | | | |
| | | MINIMUM: 984.1 | | DATE: 12 | | TIME: 04:00 | | | | COOLING: 31.138 | | MONTHLY TOTAL: 112.316 | | | | | | | |

OCTOBER 2023
 La Molina, Provincia de Lima PER



NOVEMBER 2023
LOCAL CLIMATOLOGICAL DATA
 DAVIS INSTRUMENTS, WEATHERLINK NETWORK

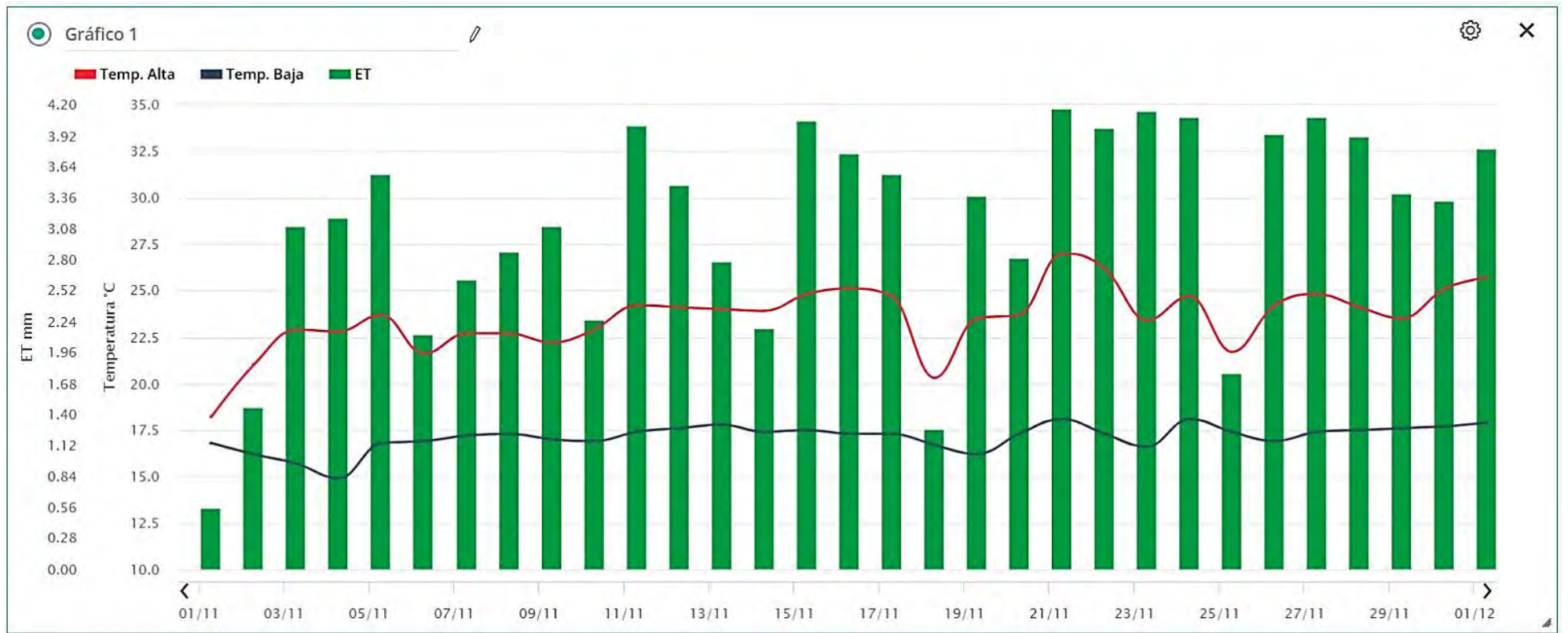
La Molina, Provincia de Lima PER
Maestría Recursos Hídricos



Lat: -12.0837 Long: -76.9510 Elev (ground): 233 m Time Zone: America/Lima

| Date | TEMPERATURE °C | | | | | DEG DAYS BASE 18.3° | | PRECIP. (mm) | PRESSURE (mb) | | RESULTANT SPEED | RES DIR | AVERAGE SPEED | WIND SPEED = m/s DIR = DEGREES | | | | Date | |
|----------------------|------------------------|---------|---------|----------------|------------------|-------------------------|---------|---------------------------|---------------|---|-----------------|---------|---------------|-----------------------------------|----------|-----|---------|------|-----|
| | MAXIMUM | MINIMUM | AVERAGE | AVERAGE DEW PT | AVERAGE WET BULB | HEATING | COOLING | | WATER EQUIV | AVERAGE STATION | | | | AVERAGE SEA LEVEL | WIND MAX | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | INSTANT | | ARCHIVE | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | SPEED | DIR | SPEED | | DIR |
| 01 | 18.2 | 16.8 | 17.4 | 16.4 | 16.8 | 0.922 | 0.000 | 0.0 | 986.8 | 1014.5 | 0.9 | 89 | 0.9 | 4.0 | 68 | 1.8 | 112 | 01 | |
| 02 | 21.0 | 16.2 | 17.9 | 16.3 | 16.9 | 0.740 | 0.320 | 0.0 | 986.4 | 1014.1 | 1.3 | 81 | 1.3 | 5.8 | 90 | 3.6 | 90 | 02 | |
| 03 | 22.9 | 15.7 | 18.7 | 16.4 | 17.2 | 0.665 | 1.061 | 0.0 | 985.8 | 1013.5 | 1.7 | 88 | 1.3 | 7.2 | 68 | 3.1 | 68 | 03 | |
| 04 | 22.8 | 14.9 | 18.2 | 16.3 | 17.0 | 0.949 | 0.848 | 0.0 | 985.9 | 1013.6 | 2.3 | 84 | 1.3 | 8.0 | 90 | 4.0 | 90 | 04 | |
| 05 | 23.7 | 16.8 | 19.0 | 17.1 | 17.8 | 0.520 | 1.227 | 0.4 | 985.0 | 1012.7 | 1.8 | 89 | 1.8 | 7.2 | 90 | 4.5 | 90 | 05 | |
| 06 | 21.6 | 16.9 | 18.4 | 16.9 | 17.5 | 0.537 | 0.653 | 0.0 | 986.3 | 1014.0 | 1.7 | 77 | 1.3 | 6.3 | 45 | 3.6 | 90 | 06 | |
| 07 | 22.7 | 17.2 | 18.9 | 17.2 | 17.8 | 0.336 | 0.859 | 0.0 | 985.8 | 1013.5 | 1.8 | 79 | 1.8 | 6.7 | 135 | 3.6 | 90 | 07 | |
| 08 | 22.7 | 17.3 | 19.1 | 17.4 | 18.0 | 0.244 | 1.036 | 0.0 | 985.3 | 1013.0 | 1.6 | 87 | 1.3 | 5.8 | 68 | 3.6 | 90 | 08 | |
| 09 | 22.2 | 17.0 | 19.0 | 17.3 | 17.9 | 0.334 | 1.021 | 0.0 | 984.6 | 1012.3 | 1.9 | 81 | 1.8 | 7.6 | 90 | 4.0 | 90 | 09 | |
| 10 | 22.9 | 16.9 | 18.8 | 16.9 | 17.6 | 0.383 | 0.865 | 0.0 | 984.1 | 1011.7 | 1.6 | 75 | 1.3 | 7.2 | 90 | 4.5 | 90 | 10 | |
| 11 | 24.2 | 17.4 | 20.0 | 17.4 | 18.3 | 0.149 | 1.774 | 0.0 | 984.6 | 1012.3 | 1.8 | 80 | 1.8 | 8.5 | 68 | 4.9 | 90 | 11 | |
| 12 | 24.1 | 17.6 | 19.8 | 17.7 | 18.4 | 0.074 | 1.500 | 0.0 | 984.5 | 1012.2 | 1.9 | 85 | 1.8 | 7.6 | 112 | 4.0 | 90 | 12 | |
| 13 | 24.0 | 17.8 | 19.6 | 17.7 | 18.4 | 0.091 | 1.380 | 0.0 | 984.4 | 1012.1 | 1.6 | 95 | 1.3 | 6.7 | 112 | 3.1 | 112 | 13 | |
| 14 | 23.9 | 17.4 | 19.1 | 17.6 | 18.1 | 0.238 | 1.021 | 0.0 | 984.5 | 1012.1 | 1.7 | 89 | 1.3 | 5.8 | 90 | 3.1 | 90 | 14 | |
| 15 | 24.8 | 17.5 | 20.3 | 18.0 | 18.8 | 0.158 | 2.122 | 0.0 | 985.3 | 1013.0 | 2.2 | 91 | 1.8 | 6.7 | 68 | 4.0 | 90 | 15 | |
| 16 | 25.1 | 17.3 | 20.1 | 17.9 | 18.7 | 0.167 | 1.963 | 0.0 | 985.7 | 1013.4 | 1.9 | 93 | 1.3 | 7.2 | 112 | 4.0 | 90 | 16 | |
| 17 | 24.7 | 17.3 | 19.6 | 17.7 | 18.3 | 0.180 | 1.459 | 0.0 | 985.5 | 1013.2 | 2.0 | 90 | 1.8 | 7.6 | 90 | 4.0 | 90 | 17 | |
| 18 | 20.3 | 16.7 | 18.0 | 16.6 | 17.1 | 0.626 | 0.280 | 0.0 | 987.4 | 1015.1 | 1.2 | 100 | 0.9 | 6.3 | 135 | 3.1 | 68 | 18 | |
| 19 | 23.5 | 16.2 | 19.0 | 17.0 | 17.7 | 0.632 | 1.282 | 0.0 | 988.0 | 1015.8 | 1.5 | 91 | 0.9 | 6.3 | 90 | 4.0 | 90 | 19 | |
| 20 | 23.7 | 17.3 | 20.0 | 17.4 | 18.3 | 0.195 | 1.864 | 0.0 | 988.3 | 1016.1 | 1.7 | 87 | 1.3 | 6.7 | 112 | 3.6 | 90 | 20 | |
| 21 | 27.0 | 18.1 | 21.7 | 18.1 | 19.2 | 0.003 | 3.367 | 0.0 | 987.1 | 1014.9 | 1.6 | 82 | 1.8 | 7.2 | 112 | 4.5 | 90 | 21 | |
| 22 | 26.2 | 17.3 | 21.1 | 18.0 | 19.0 | 0.168 | 2.888 | 0.0 | 986.8 | 1014.5 | 1.7 | 78 | 1.3 | 9.4 | 90 | 4.9 | 90 | 22 | |
| 23 | 23.4 | 16.6 | 20.3 | 18.0 | 18.7 | 0.222 | 2.158 | 0.0 | 987.0 | 1014.8 | 2.1 | 93 | 1.3 | 8.0 | 112 | 4.5 | 90 | 23 | |
| 24 | 24.7 | 18.1 | 20.7 | 18.4 | 19.1 | 0.017 | 2.339 | 0.0 | 987.9 | 1015.7 | 2.3 | 90 | 1.8 | 8.0 | 90 | 4.5 | 90 | 24 | |
| 25 | 21.7 | 17.4 | 18.9 | 17.4 | 17.9 | 0.220 | 0.836 | 0.0 | 986.3 | 1014.0 | 1.5 | 91 | 1.3 | 5.4 | 90 | 2.7 | 112 | 25 | |
| 26 | 24.2 | 16.9 | 19.8 | 17.5 | 18.3 | 0.266 | 1.774 | 0.0 | 984.6 | 1012.3 | 1.9 | 90 | 1.3 | 7.2 | 90 | 4.0 | 90 | 26 | |
| 27 | 24.8 | 17.4 | 20.6 | 18.0 | 18.8 | 0.120 | 2.384 | 0.0 | 985.0 | 1012.7 | 2.2 | 88 | 1.8 | 8.0 | 45 | 4.5 | 90 | 27 | |
| 28 | 24.1 | 17.5 | 19.8 | 17.6 | 18.4 | 0.146 | 1.586 | 0.0 | 985.9 | 1013.6 | 2.4 | 89 | 1.8 | 7.2 | 90 | 4.5 | 90 | 28 | |
| 29 | 23.5 | 17.6 | 19.5 | 17.5 | 18.2 | 0.154 | 1.331 | 0.0 | 984.8 | 1012.5 | 1.7 | 90 | 1.3 | 6.7 | 112 | 3.6 | 90 | 29 | |
| 30 | 25.1 | 17.7 | 20.2 | 17.9 | 18.7 | 0.093 | 1.948 | 0.0 | 985.2 | 1012.9 | 1.9 | 89 | 1.8 | 7.6 | 90 | 4.5 | 90 | 30 | |
| | 23.5 | 17.1 | 19.5 | 17.4 | 18.1 | 0.318 | 1.488 | | 985.8 | 1013.5 | 1.8 | 87 | 1.5 | < Monthly Avg | | | | | |
| NUMBER OF DAYS WITH: | Maximum Temp ≥ 32.2: 0 | | | | | Minimum Temp ≤ 0: 0 | | Precipitation ≥ 0.2 mm: 1 | | Greatest 24 - hr precipitation: 0.4 Date: 4-5 | | | | Monthly Total Precipitation: 0.4 | | | | | |
| | Maximum Temp ≤ 0: 0 | | | | | Minimum Temp ≤ -17.7: 0 | | Precipitation ≥ 2.0 mm: 0 | | | | | | | | | | | |
| SEA LEVEL PRESSURE: | MAXIMUM: 1018.2 | | | | | MINIMUM: 1009.1 | | DEGREEE DAYS: > | | MONTHLY TOTAL HEATING: 9.547 | | | | SEASON TO DATE TOTAL: 77.484 | | | | | |
| | | | | | | | | | | COOLING: 43.148 | | | | 155.464 | | | | | |

NOVEMBER 2023
La Molina, Provincia de Lima PER



DECEMBER 2023
LOCAL CLIMATOLOGICAL DATA
 DAVIS INSTRUMENTS, WEATHERLINK NETWORK

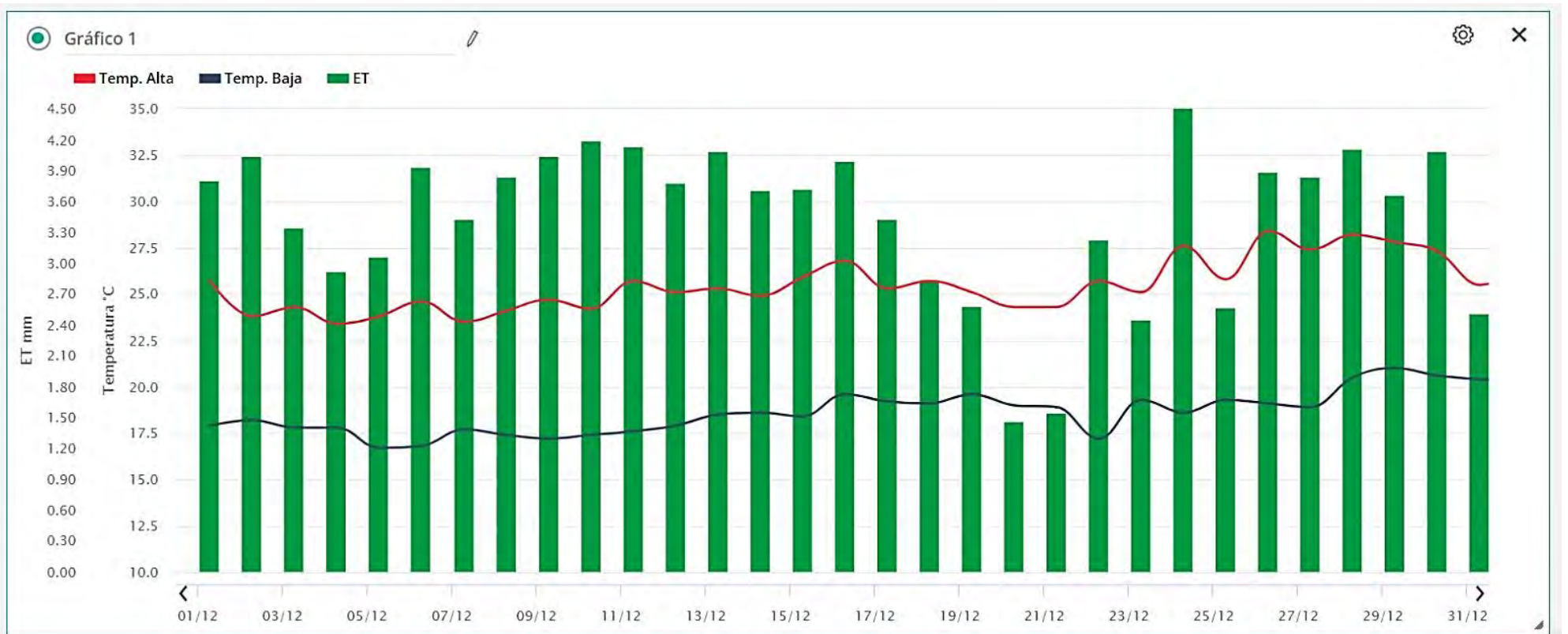
La Molina, Provincia de Lima PER
Maestría Recursos Hídricos



Lat: -12.0837 Long: -76.9510 Elev (ground): 233 m Time Zone: America/Lima

| Date | TEMPERATURE °C | | | | | DEG DAYS BASE 18.3° | | PRECIP. (mm) | PRESSURE (mb) | | WIND SPEED = m/s DIR = DEGREES | | | | | | | | Date |
|----------------------|----------------|------------------------|---------|-------------------------|------------------|---------------------------|---------|-------------------------------------|-----------------|-------------------|--------------------------------|-----------------------|---------------|------------------------------|-----|---------|-----|---------------|------|
| | MAXIMUM | MINIMUM | AVERAGE | AVERAGE DEW PT | AVERAGE WET BULB | HEATING | COOLING | WATER EQUIV | AVERAGE STATION | AVERAGE SEA LEVEL | RESULTANT SPEED | RES DIR | AVERAGE SPEED | WIND MAX | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | INSTANT | | ARCHIVE | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | SPEED | DIR | SPEED | DIR | | |
| 01 | 25.7 | 17.9 | 20.7 | 18.3 | 19.1 | 0.024 | 2.409 | 0.0 | 985.5 | 1013.2 | 2.1 | 91 | 1.8 | 7.6 | 90 | 4.5 | 90 | 01 | |
| 02 | 23.8 | 18.2 | 20.3 | 18.2 | 18.9 | 0.014 | 1.931 | 0.0 | 984.9 | 1012.6 | 2.0 | 93 | 1.8 | 7.2 | 90 | 4.5 | 112 | 02 | |
| 03 | 24.3 | 17.8 | 19.8 | 17.7 | 18.4 | 0.071 | 1.534 | 0.0 | 983.9 | 1011.5 | 1.8 | 93 | 1.3 | 5.8 | 112 | 3.6 | 90 | 03 | |
| 04 | 23.4 | 17.8 | 19.4 | 17.3 | 18.0 | 0.097 | 1.166 | 0.0 | 984.5 | 1012.2 | 1.7 | 90 | 1.3 | 6.7 | 90 | 3.6 | 90 | 04 | |
| 05 | 23.8 | 16.7 | 19.6 | 17.6 | 18.3 | 0.339 | 1.608 | 0.0 | 985.5 | 1013.2 | 2.0 | 91 | 1.3 | 6.3 | 90 | 4.0 | 90 | 05 | |
| 06 | 24.6 | 16.8 | 20.0 | 18.1 | 18.7 | 0.268 | 1.942 | 0.0 | 985.0 | 1012.7 | 2.2 | 91 | 1.8 | 7.2 | 90 | 4.0 | 90 | 06 | |
| 07 | 23.5 | 17.7 | 19.7 | 17.9 | 18.5 | 0.128 | 1.517 | 0.0 | 985.2 | 1012.9 | 2.0 | 93 | 1.3 | 8.0 | 68 | 4.5 | 90 | 07 | |
| 08 | 24.1 | 17.4 | 19.9 | 18.0 | 18.6 | 0.146 | 1.741 | 0.0 | 984.3 | 1012.0 | 2.3 | 92 | 1.8 | 7.6 | 90 | 4.5 | 90 | 08 | |
| 09 | 24.7 | 17.2 | 19.9 | 17.7 | 18.4 | 0.269 | 1.882 | 0.0 | 983.7 | 1011.3 | 2.1 | 90 | 1.8 | 7.2 | 90 | 4.5 | 90 | 09 | |
| 10 | 24.2 | 17.4 | 20.2 | 17.6 | 18.5 | 0.126 | 2.024 | 0.0 | 983.3 | 1011.0 | 2.1 | 91 | 1.8 | 8.0 | 90 | 4.5 | 90 | 10 | |
| 11 | 25.7 | 17.6 | 20.6 | 18.0 | 18.8 | 0.126 | 2.345 | 0.0 | 982.4 | 1010.0 | 2.1 | 92 | 1.8 | 7.6 | 90 | 4.5 | 90 | 11 | |
| 12 | 25.1 | 17.9 | 20.6 | 18.2 | 19.0 | 0.027 | 2.334 | 0.0 | 983.2 | 1010.9 | 2.3 | 89 | 1.8 | 8.0 | 68 | 4.5 | 90 | 12 | |
| 13 | 25.3 | 18.5 | 20.9 | 18.7 | 19.4 | 0.000 | 2.605 | 0.0 | 983.0 | 1010.6 | 2.4 | 89 | 1.8 | 8.5 | 90 | 4.9 | 90 | 13 | |
| 14 | 24.9 | 18.6 | 20.6 | 18.7 | 19.3 | 0.000 | 2.292 | 0.0 | 982.6 | 1010.2 | 2.2 | 86 | 2.2 | 8.0 | 135 | 4.5 | 90 | 14 | |
| 15 | 25.9 | 18.4 | 21.3 | 18.8 | 19.6 | 0.000 | 2.963 | 0.0 | 983.8 | 1011.5 | 2.1 | 85 | 1.8 | 8.5 | 112 | 4.9 | 90 | 15 | |
| 16 | 26.8 | 19.6 | 22.1 | 19.2 | 20.1 | 0.000 | 3.735 | 0.0 | 985.0 | 1012.7 | 2.2 | 85 | 1.8 | 8.0 | 90 | 4.9 | 90 | 16 | |
| 17 | 25.3 | 19.2 | 21.4 | 19.1 | 19.9 | 0.000 | 3.086 | 0.0 | 985.0 | 1012.7 | 2.1 | 83 | 1.8 | 8.9 | 90 | 4.5 | 90 | 17 | |
| 18 | 25.7 | 19.1 | 21.4 | 19.2 | 19.9 | 0.000 | 3.020 | 0.0 | 985.0 | 1012.7 | 2.0 | 83 | 1.8 | 8.5 | 112 | 4.9 | 90 | 18 | |
| 19 | 25.1 | 19.6 | 21.7 | 19.5 | 20.2 | 0.000 | 3.328 | 0.0 | 984.7 | 1012.3 | 1.8 | 79 | 1.8 | 7.6 | 90 | 4.5 | 90 | 19 | |
| 20 | 24.3 | 19.0 | 21.3 | 18.8 | 19.6 | 0.000 | 3.016 | 0.0 | 985.1 | 1012.8 | 1.0 | 60 | 0.9 | 7.2 | 112 | 2.7 | 68 | 20 | |
| 21 | 24.3 | 18.9 | 21.2 | 18.8 | 19.6 | 0.000 | 2.894 | 0.0 | 984.2 | 1011.8 | 1.2 | 75 | 0.9 | 6.3 | 90 | 3.6 | 90 | 21 | |
| 22 | 25.7 | 17.2 | 20.9 | 18.6 | 19.3 | 0.092 | 2.651 | 0.0 | 984.9 | 1012.6 | 1.7 | 84 | 1.3 | 7.2 | 112 | 4.0 | 90 | 22 | |
| 23 | 25.1 | 19.3 | 22.0 | 18.8 | 19.8 | 0.000 | 3.654 | 0.0 | 986.4 | 1014.1 | 1.4 | 79 | 0.9 | 7.2 | 112 | 3.6 | 90 | 23 | |
| 24 | 27.6 | 18.6 | 22.8 | 19.4 | 20.5 | 0.000 | 4.461 | 0.0 | 985.0 | 1012.7 | 2.3 | 79 | 1.8 | 8.9 | 112 | 4.5 | 68 | 24 | |
| 25 | 25.8 | 19.3 | 21.8 | 19.2 | 20.0 | 0.000 | 3.429 | 0.0 | 987.5 | 1015.2 | 1.7 | 87 | 1.8 | 7.2 | 90 | 4.0 | 90 | 25 | |
| 26 | 28.4 | 19.1 | 23.2 | 19.4 | 20.6 | 0.000 | 4.888 | 0.0 | 986.3 | 1014.0 | 1.9 | 82 | 1.3 | 8.0 | 112 | 4.9 | 90 | 26 | |
| 27 | 27.4 | 18.9 | 22.9 | 19.7 | 20.7 | 0.000 | 4.540 | 0.0 | 987.2 | 1014.9 | 1.9 | 81 | 1.3 | 8.0 | 90 | 4.0 | 112 | 27 | |
| 28 | 28.2 | 20.5 | 23.4 | 20.5 | 21.4 | 0.000 | 5.044 | 0.4 | 988.1 | 1015.9 | 2.0 | 84 | 1.3 | 8.9 | 90 | 5.4 | 90 | 28 | |
| 29 | 27.8 | 21.0 | 23.3 | 20.4 | 21.3 | 0.000 | 5.008 | 0.0 | 988.3 | 1016.0 | 2.0 | 83 | 1.8 | 8.9 | 90 | 4.9 | 90 | 29 | |
| 30 | 27.3 | 20.6 | 23.0 | 20.6 | 21.3 | 0.000 | 4.620 | 0.0 | 988.3 | 1016.1 | 2.1 | 85 | 1.8 | 8.5 | 68 | 4.5 | 68 | 30 | |
| 31 | 25.5 | 20.4 | 22.2 | 20.3 | 20.9 | 0.000 | 3.899 | 0.0 | 987.9 | 1015.7 | 1.8 | 84 | 1.8 | 6.7 | 45 | 4.0 | 90 | 31 | |
| | 25.5 | 18.6 | 21.2 | 18.8 | 19.6 | 0.133 | 2.954 | | 985.1 | 1012.8 | 1.9 | 85 | 1.6 | | | | | < Monthly Avg | |
| NUMBER OF DAYS WITH: | | Maximum Temp ≥ 32.2: 0 | | Minimum Temp ≤ 0: 0 | | Precipitation ≥ 0.2 mm: 1 | | Greatest 24 - hr precipitation: 0.4 | | Date: 27-28 | | | | | | | | | |
| | | Maximum Temp ≤ 0: 0 | | Minimum Temp ≤ -17.7: 0 | | Precipitation ≥ 2.0 mm: 0 | | Monthly Total Precipitation: 0.4 | | | | | | | | | | | |
| SEA LEVEL PRESSURE: | | MAXIMUM: 1018.1 | | DATE: 31 | | TIME: 10:00 | | DEGREE DAYS: > | | HEATING: 1.727 | | MONTHLY TOTAL: 91.566 | | SEASON TO DATE TOTAL: 79.211 | | | | | |
| | | MINIMUM: 1008.1 | | DATE: 11 | | TIME: 13:45 | | | | COOLING: 91.566 | | | | | | | | | |

DECEMBER 2023
La Molina, Provincia de Lima PER



JANUARY 2024

LOCAL CLIMATOLOGICAL DATA

DAVIS INSTRUMENTS, WEATHERLINK NETWORK

La Molina, Provincia de Lima PER

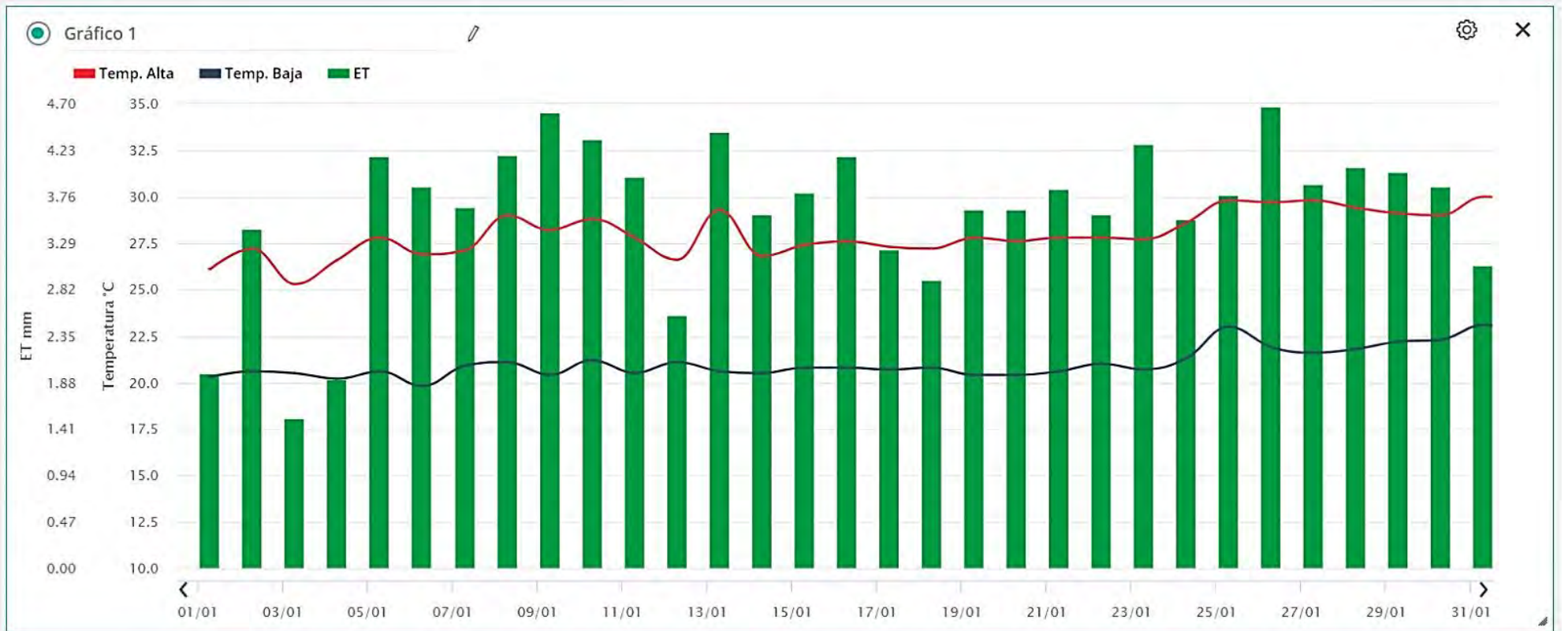
Maestría Recursos Hídricos

Lat: -12.0837 Long: -76.9510 Elev (ground): 233 m Time Zone: America/Lima



| Date | TEMPERATURE °C | | | | | DEG DAYS BASE 18.3° | | PRECIP. (mm) | PRESSURE (mb) | | WIND SPEED = m/s DIR = DEGREES | | | | | | | | Date |
|----------------------|----------------|---------|---------|------------------------|---------------------|------------------------|---------|---------------------------|--------------------|---------------------------------------|--------------------------------------|----------------------------------|------------------|------------------|-----|------------------------------------|-----|----|------|
| | MAXIMUM | MINIMUM | AVERAGE | AVERAGE DEW PT | AVERAGE WET BULB | HEATING | COOLING | WATER EQUIV | AVERAGE STATION | AVERAGE SEA LEVEL | RESULTANT SPEED | RES DIR | AVERAGE SPEED | WIND MAX | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | INSTANT | | ARCHIVE | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | SPEED | DIR | SPEED | DIR | | |
| 01 | 26.1 | 20.3 | 22.2 | 20.2 | 20.8 | 0.000 | 3.847 | 0.0 | 987.4 | 1015.2 | 1.4 | 82 | 1.3 | 6.3 | 90 | 3.6 | 90 | 01 | |
| 02 | 27.2 | 20.6 | 22.9 | 20.6 | 21.3 | 0.000 | 4.541 | 0.0 | 986.8 | 1014.5 | 1.9 | 79 | 1.8 | 7.2 | 90 | 4.5 | 90 | 02 | |
| 03 | 25.3 | 20.5 | 22.4 | 19.8 | 20.6 | 0.000 | 4.090 | 0.0 | 986.8 | 1014.5 | 1.1 | 71 | 0.9 | 7.2 | 90 | 4.5 | 90 | 03 | |
| 04 | 26.6 | 20.2 | 22.9 | 20.1 | 21.0 | 0.000 | 4.600 | 0.0 | 987.8 | 1015.6 | 1.4 | 84 | 0.9 | 6.7 | 68 | 3.1 | 90 | 04 | |
| 05 | 27.8 | 20.6 | 23.7 | 20.5 | 21.5 | 0.000 | 5.411 | 0.0 | 986.3 | 1014.0 | 2.3 | 80 | 1.8 | 10.7 | 90 | 5.8 | 90 | 05 | |
| 06 | 26.9 | 19.8 | 22.9 | 20.1 | 20.9 | 0.000 | 4.581 | 0.0 | 984.9 | 1012.6 | 1.8 | 86 | 1.3 | 7.6 | 90 | 4.5 | 90 | 06 | |
| 07 | 27.1 | 20.9 | 23.6 | 20.1 | 21.2 | 0.000 | 5.263 | 0.0 | 984.0 | 1011.7 | 1.8 | 69 | 1.3 | 8.9 | 112 | 4.9 | 90 | 07 | |
| 08 | 29.0 | 21.1 | 23.8 | 20.6 | 21.6 | 0.000 | 5.469 | 0.0 | 984.8 | 1012.4 | 1.7 | 77 | 1.8 | 10.3 | 112 | 4.9 | 90 | 08 | |
| 09 | 28.2 | 20.4 | 24.0 | 20.8 | 21.7 | 0.000 | 5.634 | 0.0 | 985.2 | 1012.9 | 2.2 | 87 | 1.8 | 8.9 | 90 | 5.4 | 90 | 09 | |
| 10 | 28.8 | 21.2 | 24.1 | 20.7 | 21.7 | 0.000 | 5.760 | 0.0 | 985.9 | 1013.6 | 1.8 | 78 | 1.8 | 8.5 | 90 | 4.9 | 90 | 10 | |
| 11 | 27.8 | 20.5 | 23.5 | 20.4 | 21.4 | 0.000 | 5.214 | 0.0 | 986.6 | 1014.3 | 2.1 | 85 | 1.8 | 8.9 | 90 | 5.4 | 90 | 11 | |
| 12 | 26.6 | 21.1 | 23.7 | 20.4 | 21.4 | 0.000 | 5.321 | 0.0 | 986.6 | 1014.3 | 1.9 | 78 | 1.3 | 7.2 | 112 | 3.6 | 68 | 12 | |
| 13 | 29.3 | 20.6 | 24.2 | 20.9 | 21.9 | 0.000 | 5.856 | 0.0 | 985.5 | 1013.2 | 2.2 | 85 | 1.3 | 8.9 | 112 | 4.5 | 90 | 13 | |
| 14 | 26.8 | 20.5 | 22.8 | 20.5 | 21.2 | 0.000 | 4.500 | 0.0 | 985.6 | 1013.3 | 1.9 | 79 | 1.8 | 7.2 | 90 | 4.0 | 90 | 14 | |
| 15 | 27.4 | 20.8 | 23.2 | 20.2 | 21.1 | 0.000 | 4.873 | 0.0 | 984.5 | 1012.2 | 1.7 | 73 | 1.8 | 8.5 | 90 | 5.4 | 90 | 15 | |
| 16 | 27.6 | 20.8 | 23.3 | 20.6 | 21.4 | 0.000 | 4.990 | 0.0 | 983.9 | 1011.6 | 1.9 | 79 | 1.8 | 7.6 | 90 | 4.5 | 90 | 16 | |
| 17 | 27.3 | 20.7 | 22.8 | 20.3 | 21.1 | 0.000 | 4.484 | 0.0 | 984.3 | 1012.0 | 1.8 | 81 | 1.8 | 8.0 | 90 | 4.5 | 68 | 17 | |
| 18 | 27.2 | 20.8 | 23.0 | 20.6 | 21.3 | 0.000 | 4.674 | 0.0 | 984.9 | 1012.6 | 1.8 | 84 | 1.3 | 8.5 | 90 | 4.5 | 90 | 18 | |
| 19 | 27.8 | 20.4 | 23.3 | 20.9 | 21.6 | 0.000 | 4.946 | 0.0 | 984.3 | 1012.0 | 1.8 | 89 | 1.3 | 7.2 | 90 | 4.5 | 90 | 19 | |
| 20 | 27.6 | 20.4 | 23.4 | 21.2 | 21.8 | 0.000 | 5.106 | 0.0 | 984.4 | 1012.0 | 2.2 | 89 | 1.8 | 8.5 | 90 | 4.9 | 90 | 20 | |
| 21 | 27.8 | 20.6 | 23.4 | 21.3 | 21.9 | 0.000 | 5.097 | 0.0 | 984.6 | 1012.3 | 2.1 | 84 | 1.8 | 9.4 | 68 | 4.9 | 68 | 21 | |
| 22 | 27.8 | 21.0 | 23.9 | 21.1 | 21.9 | 0.000 | 5.557 | 0.0 | 984.8 | 1012.4 | 1.8 | 80 | 1.8 | 9.8 | 68 | 4.9 | 90 | 22 | |
| 23 | 27.7 | 20.7 | 24.1 | 21.3 | 22.1 | 0.000 | 5.722 | 0.0 | 983.5 | 1011.1 | 2.3 | 85 | 1.8 | 8.0 | 68 | 4.9 | 90 | 23 | |
| 24 | 28.6 | 21.3 | 24.5 | 21.7 | 22.5 | 0.000 | 6.198 | 0.0 | 984.3 | 1011.9 | 2.0 | 85 | 1.3 | 6.7 | 90 | 3.6 | 90 | 24 | |
| 25 | 29.8 | 23.0 | 25.6 | 21.9 | 23.0 | 0.000 | 7.289 | 0.0 | 984.8 | 1012.5 | 2.0 | 86 | 1.8 | 7.6 | 90 | 4.5 | 90 | 25 | |
| 26 | 29.7 | 21.9 | 25.8 | 21.6 | 22.8 | 0.000 | 7.514 | 0.0 | 985.0 | 1012.7 | 1.8 | 71 | 1.8 | 9.4 | 90 | 5.4 | 90 | 26 | |
| 27 | 29.8 | 21.6 | 25.1 | 21.1 | 22.3 | 0.000 | 6.810 | 0.0 | 985.8 | 1013.5 | 1.6 | 86 | 1.3 | 7.6 | 112 | 4.0 | 90 | 27 | |
| 28 | 29.4 | 21.8 | 25.9 | 21.1 | 22.5 | 0.000 | 7.559 | 0.0 | 985.5 | 1013.2 | 2.2 | 82 | 1.3 | 8.9 | 90 | 4.5 | 90 | 28 | |
| 29 | 29.1 | 22.2 | 25.7 | 21.8 | 22.9 | 0.000 | 7.350 | 0.0 | 985.5 | 1013.2 | 2.4 | 82 | 1.8 | 8.0 | 112 | 4.5 | 90 | 29 | |
| 30 | 29.0 | 22.3 | 24.8 | 21.9 | 22.8 | 0.000 | 6.488 | 0.0 | 985.1 | 1012.8 | 2.1 | 87 | 1.8 | 7.6 | 90 | 3.6 | 90 | 30 | |
| 31 | 30.0 | 23.1 | 25.8 | 21.7 | 22.9 | 0.000 | 7.488 | 0.0 | 986.0 | 1013.7 | 1.9 | 81 | 1.3 | 7.6 | 90 | 4.5 | 90 | 31 | |
| | 28.0 | 21.0 | 23.9 | 20.8 | 21.7 | 0.000 | 5.556 | | 985.3 | 1013.0 | 1.9 | 81 | 1.6 | < Monthly Avg | | | | | |
| NUMBER OF DAYS WITH: | | > | | Maximum Temp ≥ 32.2; 0 | | Minimum Temp ≤ 0; 0 | | Precipitation ≥ 0.2 mm; 0 | | Greatest 24 - hr precipitation; Date; | | Monthly Total Precipitation; 0.0 | | | | | | | |
| SEA LEVEL PRESSURE: | | > | | MAXIMUM: 1017.5 | | MINIMUM: 1009.3 | | LATE # 09:45 | | DEGREEE DAYS: > | | HEATING: 0.000 | | COOLING: 172.233 | | MONTHLY TOTAL SEASON TO DATE TOTAL | | | |
| | | | | | | 23 | | 16:00 | | | | 0.000 | | 419.262 | | | | | |

JANUARY 2024
La Molina, Provincia de Lima PER



Fuente: estación meteorológica automática DAVIS Instruments - CIER- FIA-UNALM

Anexo 8: Prueba de uniformidad de goteros

| | | | | | | BLOQUE 1 | |
|---------------------------|---------------|------------|------------|---------------|-------|----------|--|
| ml | Primer emisor | Emisor 1/3 | Emisor 2/3 | Ultimo emisor | | | |
| Primer lateral | 21 | 20 | 21 | 22 | | | |
| Primer 1/3 | 19 | 20.5 | 20.5 | 22.5 | | | |
| Primer 2/3 | 20 | 21 | 20 | 22 | | | |
| Ultimo lateral | 19.5 | 20 | 20 | 21.5 | | | |
| | 79.5 | 81.5 | 81.5 | 88 | 330.5 | 20.7 | |
| | | | | | | | |
| Q 25% CAUDALES MENORES | | 19 | 19.5 | 20 | 21 | 19.88 | |
| A) PROMEDIO 25% MENOR | | 19.88 | | | | | |
| B) Q 100% DE LOS EMISORES | | 20.7 | | | | | |
| C) CU Emisores (%) A/B | | 0.96217852 | 96.22 % | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | BLOQUE 2 | |
| ml | Primer emisor | Emisor 1/3 | Emisor 2/3 | Ultimo emisor | | | |
| Primer lateral | 22 | 21 | 22 | 21 | | | |
| Primer 1/3 | 22.5 | 21 | 21 | 21.5 | | | |
| Primer 2/3 | 24 | 21 | 20.5 | 21 | | | |
| Ultimo lateral | 22 | 20.5 | 20 | 19 | | | |
| | 90.5 | 83.5 | 83.5 | 82.5 | 340 | 21.25 | |
| | | | | | | | |
| Q 25% CAUDALES MENORES | | 19 | 20 | 20.5 | 21 | | |
| A) PROMEDIO 25% MENOR | | 20.125 | | | | | |
| B) Q 100% DE LOS EMISORES | | 21.25 | | | | | |
| C) CU Emisores (%) A/B | | 0.94705882 | 94.7 % | | | | |

Fuente: Elaboración propia

Anexo 9: Catalogo de accesorios NETAFIM utilizados en la investigación.



STREAMLINE™ 16080

GOTERO INTEGRAL EN TUBERÍA DE PARED DELGADA

APLICACIONES

- Riego de cultivos en surcos.

ESPECIFICACIONES

- Máxima de presión de trabajo, de acuerdo al espesor de la pared de la tubería.
- Laberinto TurboNet™ con amplios pasos de agua.
- 3 caudales diferentes.
- Para soldarse dentro de tuberías de pared delgada.
- Gotero inyectado, muy bajo CV.
- Los goteros Streamline™ cumplen con las normas del ISO 9261 y la producción está certificada por el Instituto de Normas de Israel (SII).

CARACTERÍSTICAS Y BENEFICIOS

- El laberinto TurboNet™ asegura amplios pasos de agua, su ancha, profunda y amplia sección mejora la resistencia a la obstrucción.
- Amplia área de filtración con resistencia a la obstrucción mejorada.

DATOS TÉCNICOS DE LOS GOTEROS

| CAUDAL NOMINAL (L/H)* | MÁXIMA PRESIÓN DE TRABAJO (BAR) | CAUDAL A MÁXIMA PRESIÓN DE TRABAJO (L/H) | DIMENSIONES DE PASOS DE AGUA ESPESOR-PROFUNDIDAD-LONGITUD (MM X (MM X MM)) | ÁREA DE FILTRACIÓN (MM ²) | CONSTANTE K | EXPONENTE X |
|-----------------------|---------------------------------|--|--|---------------------------------------|-------------|-------------|
| 0.72 | 0.85 | 0.66 | 0.58 x 0.33 x 25 | 14 | 0.265 | 0.48 |
| 1.05 | 0.85 | 0.98 | 0.51 x 0.42 x 13 | 15 | 0.392 | 0.45 |
| 1.60 | 0.85 | 1.49 | 0.66 x 0.55 x 13 | 17 | 0.568 | 0.45 |

*A 1.0 bar

PRESIÓN VS. CAUDAL DE LOS GOTEROS

| CAUDAL NOMINAL DEL MODELO* | CAUDAL (L/H) A PRESIÓN (BAR) | | | | | |
|----------------------------|------------------------------|------|------|------|------|--|
| | 0.65 | 0.70 | 0.75 | 0.80 | 0.85 | |
| 0.72 | 0.58 | 0.61 | 0.63 | 0.65 | 0.66 | |
| 1.05 | 0.87 | 0.90 | 0.92 | 0.95 | 0.98 | |
| 1.60 | 1.32 | 1.36 | 1.41 | 1.45 | 1.49 | |

*A 1.0 bar

DATOS TÉCNICOS DE LAS TUBERÍAS DE GOTEO

| MODELO | DIÁMETRO INTERNO (MM.) | ESPESOR DE PARED (MM.) | DIÁMETRO EXTERNO (MM.) | MÁXIMA PRESIÓN DE TRABAJO (BAR) | KD |
|--------|------------------------|------------------------|------------------------|---------------------------------|-----|
| 16080 | 16.20 | 0.20 | 16.60 | 0.85 | 0.1 |

WWW.NETAFIM-LATINAMERICA.COM
E-MAIL: PRODUCTS_SOLUTIONS@NETAFIM.COM





FLEXNET™ HP

TUBERÍA FLEXIBLE Y PORTÁTIL DE POLIETILENO REFORZADO.

PRODUCTO INNOVADOR Y REVOLUCIONARIO PARA MINERÍA

APLICACIONES

Soluciones ácidas y agua para control de polución en faenas mineras.

BENEFICIOS Y CARACTERÍSTICAS

- Ligera y flexible, fácil de mover y recolectar de una instalación a otra.
- Baja expansión y cero alargamientos axiales, no presenta "serpenteo".
- Su diseño de rollo compacto y plano, reduce los costos de almacenamiento y flete.
- Los conectores integrales reducen el tiempo de trabajo notablemente y aumenta la confianza de las conexiones entre las tuberías de distribución y las laterales.

ESPECIFICACIONES

- Diámetros disponibles: 2", 3", 4" y 6".
- Presión de trabajo máxima: 3.0 bar a 50 grados Celsius.
- Longitud del rollo: 100 metros.
- Puede utilizarse como tubería de transporte o tubería de distribución con conectores integrales rosca hembra de 1/2".
- Tejido de polietileno reforzado, robusto y duradero.
- Color blanco para evitar el sobrecalentamiento provocado por la radiación solar; mayor resistencia a los químicos y resistente a los rayos UV.
- Línea roja para su identificación.
- La tubería y conectores integrales están fabricados 100% de polietileno, material completamente reciclable.
- Disponible para sistemas de aspersión portátil.

INFORMACIÓN TÉCNICA FLEXNET HP

| FLEXNET HP | DIÁMETRO INTERNO | ESPESOR DE PARED (MM) | DIÁMETRO EXTERNO | PRESIÓN MÁXIMA DE TRABAJO (BAR) |
|------------|------------------|-----------------------|------------------|---------------------------------|
| 2"/51 mm | 51.5 | 1.1 | 53.7 | 3.0 |
| 3"/51 mm | 78.3 | 1.1 | 80.5 | 3.0 |
| 4"/51 mm | 102.5 | 1.1 | 104.7 | 3.0 |
| 6"/51 mm | 163.0 | 1.1 | 165.2 | 2.2 |

netafim.mexico@netafim.com
www.netafim-latinamerica.com

MINERÍA





FLEXNET™ HP

TUBERÍA FLEXIBLE Y PORTÁTIL DE POLIETILENO REFORZADO.

PRODUCTO INNOVADOR Y REVOLUCIONARIO PARA MINERÍA



CONECTORES TWIST LOCK



CONECTORES PARA TUBERÍA



ACCESORIOS COMPLEMENTARIOS

TAPÓN PLANO DE 1/2"



CATÁLOGO
42000-027105
Bolsa c/ 50 pzas.

NETAFIX KIT DE REPARACIÓN



CATÁLOGO
42000-007000



ESCANEA ESTE CÓDIGO
CON TU SMARTPHONE
PARA VER EL VIDEO EN
FACEBOOK



CATÁLOGOS TUBERÍA FLEXIBLE FLEXNET™ HP

| CATÁLOGO | DESCRIPCIÓN |
|--------------|--|
| 43000-000530 | FXN HP PIPE 2" BLANK 100.0M |
| 43000-000560 | FXN HP PIPE 3" BLANK 100.0M |
| 43000-000600 | FXN HP PIPE 4" BLANK 100.0M |
| 43000-000670 | FXN HP PIPE 6" BLANK 100.0M |
| 43000-005875 | FXN HP PIPE 2" 1/2" CONN. 0.35M 100.0M |
| 43000-005897 | FXN HP PIPE 2" 1/2" CONN. 0.45M 100.0M |
| 43000-006230 | FXN HP PIPE 2" 1/2" CONN. 0.60M 100.0M |
| 43000-006410 | FXN HP PIPE 2" 1/2" CONN. 0.80M 100.0M |
| 43000-006800 | FXN HP PIPE 2" 1/2" CONN. 1.00M 100.0M |
| 43000-007243 | FXN HP PIPE 2" 1/2" CONN. 6.00M 102.0M |

| CATÁLOGO | DESCRIPCIÓN |
|--------------|--|
| 43000-007975 | FXN HP PIPE 3" 1/2" CONN. 0.35M 100.0M |
| 43000-008067 | FXN HP PIPE 3" 1/2" CONN. 0.45M 100.0M |
| 43000-009970 | FXN HP PIPE 3" 1/2" CONN. 0.60M 100.0M |
| 43000-009980 | FXN HP PIPE 3" 1/2" CONN. 0.80M 100.0M |
| 43000-010015 | FXN HP PIPE 3" 1/2" CONN. 1.00M 100.0M |
| 43000-010250 | FXN HP PIPE 3" 1/2" CONN. 6.00M 96.0M |
| 43000-011797 | FXN HP PIPE 4" 1/2" CONN. 0.45M 100.0M |
| 43000-013970 | FXN HP PIPE 4" 1/2" CONN. 0.80M 100.0M |
| 43000-013970 | FXN HP PIPE 4" 1/2" CONN. 1.00M 100.0M |

netafim.mexico@netafim.com
www.netafim-latinamerica.com

MINERÍA



Anexo 10: Ficha técnica del Inyector para riego AMIAD



INYECTORES PARA RIEGO FERTILIZANTE

Los inyectores para riego fertilizante Amiad son la clave para lograr cultivos más rendidores y saludables.



| caudal | tipo de inyector | presión operativa mínima | presión operativa máxima |
|---------------------------------------|------------------|----------------------------|--------------------------|
| hasta 320 liter/hour (84 gal/hour) | motor hidráulico | menos de 1 bar (15 psi) | 8 bar (120 psi) |

Características:

- Los inyectores Amiad proporcionan precisión y eficiencia al riego fertilizante agrícola.
- Amplia variedad de modelos que soportan cultivos en campo, huertos, vegetales, horticultura e invernaderos e incluso para jardinería, campos de golf y parques municipales.
- Se acabaron los desperdicios de químicos costosos, trabajo y maquinaria innecesaria.
- Impiden la contaminación química incontrolada, compresión innecesaria del suelo y daño al cultivo.
- Operación y mantenimiento sencillos.
- Fuerza mecánica excelente, Resistencia a la corrosión química y durabilidad.

Fuente: NETAFIM

Anexo 11: Boleta de compra de semilla canario variedad centenario



Datos del documento
Tipo de documento: BOLETA DE VENTA ELECTRONICA
Serie y correlativo: BV09-00000281
Fecha: 19-09-2023
Hora: 00:00:00

| Datos del emisor | Adquiriente / Usuario |
|--|--|
| RUC: 20147897406 Nombre: UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA Dirección: Av. La Molina S/N La Molina - Lima Sucursal: Casa Matriz Telefono: | Identificación: DNI - DOCUMENTO DE NACIONAL DE IDENTIDAD Número de identificación: 43411634 Nombre: Omayra Lizbeth Huanca Bustamante Dirección: ...PE |

| Cantidad | Unidad | Código | Código SUNAT | Descripción | Valor unitario | Precio unitario | Importe |
|----------|--------|--------|--------------|-----------------------------------|----------------|-----------------|-----------|
| 21.000 | KGM | | 0 | FRIJOL CANARIO CENTENARIO-SEMILLA | S/ 16.00 | S/ 16.00 | S/ 336.00 |

Información adicional

Total impuestos
 Total IGV : S/ 0.00

Monto en letra: TRESCIENTOS TREINTA Y SEIS Y 00/100 SOLES

Totales del documento
 Total Exoneradas: S/ 336.00
 Importe total de la venta: S/ 336.00



Fuente: UNALM – Caja

Anexo 12: Especificaciones técnicas del TDR150



| Principio de medición | Tiempo - métodos de medición de dominio |
|-------------------------------------|---|
| Rango de medición | VWC: 0 % de saturación (la saturación típica es aprox. el 50 % de agua volumétrica dependiendo del tipo de suelo) |
| | EC: 0 ... 5 mS/cm |
| | Temperatura: -30 ... 60 °C |
| Resolución | VWC: 0.1 % VWC |
| | EC: 0.01 % mS/cm |
| | Temperatura: 0.1 % °C |
| Precisión | VWC: ± 3 % de VWC, con EC < 2 mS/cm |
| | EC: ± 0.1 mS/cm |
| | Temperatura: ± 1 °C |
| Unidades de medición | Contenido volumétrico de agua (VWC) |
| | Período (lecturas del sensor sin procesar) |
| Memoria | 50 000 mediciones |
| Pantalla | LCD gráfico, alto contraste, retroiluminada |
| Batería | 4 x Pilas de litio de 1,5 V, tipo AA |
| | duración para aprox. 100.000 lecturas sin retroiluminación |
| Dimensiones del cabezal de la sonda | 6 x 3,5 cm |
| Sondas disponibles | Césped: 3,8 cm; Diámetro: 0,5 cm |
| Longitud | Corta: 7,6 cm; Espaciado: 3 cm |
| | Media: 12 cm |
| | Larga: 20 cm |
| Pesos | Aprox. 640 g |
| Dimensiones | 105 x 70 x 18 mm |
| Tipos de tierra/suelo | 12 disponibles |

FUENTE: Catálogo

<https://www.pce-instruments.com/peru/>

ANEXO

FOTOGRAFÍCO



Fotos 1. Semilla de Frijol Canario Centenario.



Fotos 2. Germinación y crecimiento del Frijol Canario Centenario.

GERMINACIÓN



CRECIMIENTO



HOJAS TRIFOLIADAS



Fotos 3. Vista del Cultivo de Frijol Canario Centenario



Fotos 4. Cultivo en desarrollo de Frijol Canario Centenario



Fotos 5. Cultivo en Floración y presencia de vainas de Frijol Canario Centenario





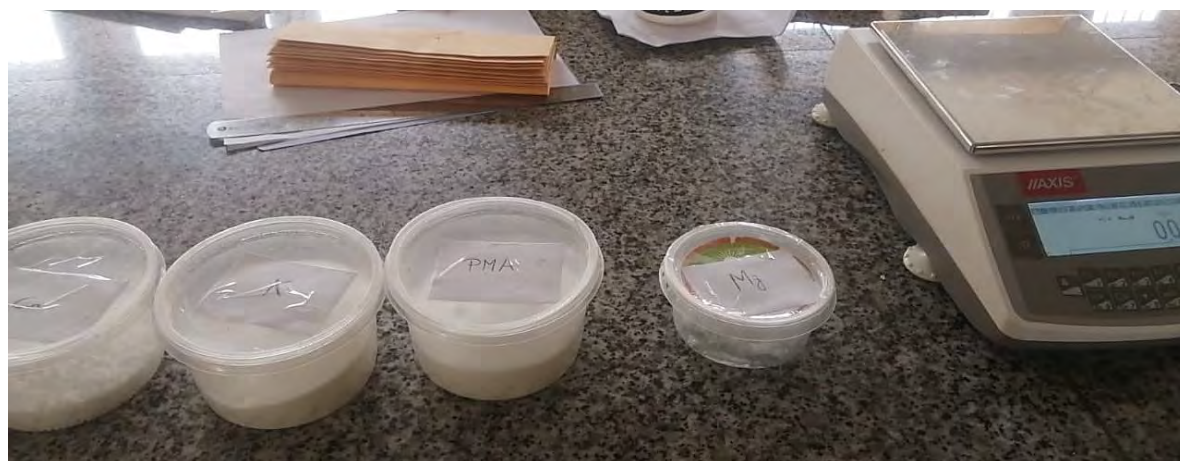
Fotos 6. Limpieza y desmalezado de surcos para el desarrollo del Frijol Canario Centenario.



Fotos 7. Aplicación de azufre y fumigación en Frijol Canario Centenario



Fotos 8. Riego y fertirriego para el cultivo de Frijol Canario Centenario



Fotos 9. Fase de maduración y secado de plantas de Frijol Canario Centenario para la cosecha.



Fotos 10. Cosecha de Frijol Canario Centenario





Fotos 11. Trillado, ventilado y selección de Granos de Frijol Canario Centenario



Fotos 12. Pesado de granos seco de Frijol canario centenario.



Fotos 13. Peso de 100 granos seco de Frijol Cosechado.



Fotos 14. Numero de granos por Vaina y número de vainas por planta



Fotos 15. Toma de datos de altura y humedad en el cultivo de Frijol Canario Centenario.



Fotos 16. Toma de datos de tamaño de vaina en el cultivo de Frijol Canario Centenario.



Fotos 17. Insumos aplicados en fertirrigación para el cultivo de frijol canario centenario





Foto 18. Caseta de riego, CIER – UNALM

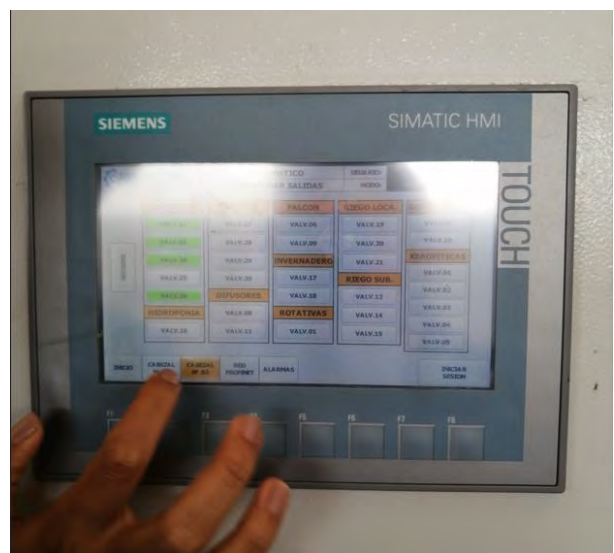






Foto 19. estación meteorológica automática DAVIS Instruments, CIER – UNALM



Foto 20. Sistema de fertirrigación en Parcela



Foto 21. Presencia de Rhizobium en las raíces del frijol

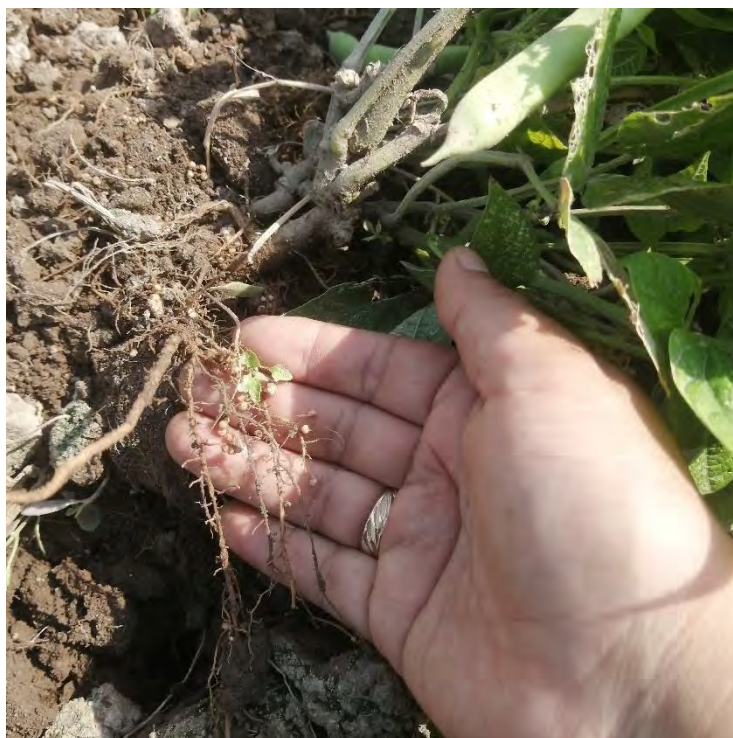


Foto 22. Laboratorio, CIER – UNALM

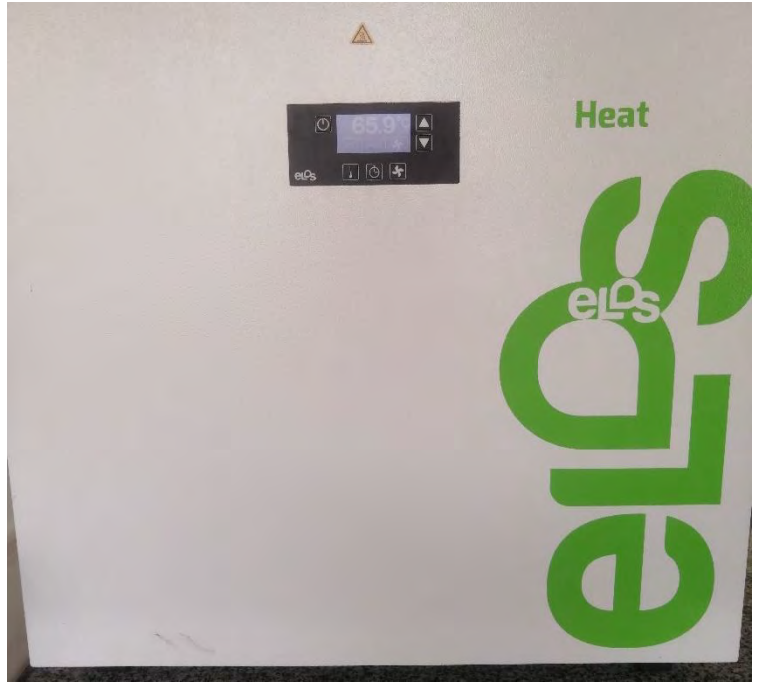


Foto 23. Uso del rastrojo del frijol, como cobertura en áreas de Palto para controlar la humedad y temperatura del suelo.



Fuente: Elaboración propia