



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE RECURSOS NATURALES
CARRERA AGRONOMÍA

**“DETERMINACIÓN DEL METODO DE RIEGO MAS EFICIENTE
Y AJUSTE DEL (KC) MEDIANTE LISIMETRIA EN EL CULTIVO
DE ARVEJA (*Pisum sativum* L.) var. Quantum EN LA ESTACIÓN
EXPERIMENTAL TUNSHI”**

Trabajo de Integración Curricular

Tipo: Proyecto de Investigación

Presentado para optar al grado académico de:

INGENIERO AGRÓNOMO

AUTOR: JOSE LUIS RUIZ LEÓN

DIRECTOR: Ing. JUAN EDUARDO LEÓN RUIZ. PhD

Riobamba – Ecuador

2022

©2022, Jose Luis Ruiz León

Se autoriza la reproducción total o parcial, con fines académicos, por cualquier medio o procedimiento, incluyendo la cita bibliográfica del documento, siempre y cuando se reconozca el Derecho de Autor.

Yo, **JOSE LUIS RUIZ LEÓN**, declaro que el presente Trabajo de Integración Curricular es de mi autoría y que los resultados del mismo son auténticos. Los textos en el documento que provienen de otras fuentes están debidamente citados y referenciados.

Como autor asumo la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este Trabajo de Integración Curricular; el patrimonio intelectual pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Riobamba, 08 de junio de 2022.






Jose Luis Ruiz León

060610674-8

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE RECURSOS NATURALES
CARRERA AGRONOMÍA

El Tribunal del Trabajo de Integración Curricular certifica que: El trabajo de Integración Curricular: Tipo: Proyecto de investigación “**DETERMINACIÓN DEL METODO DE RIEGO MAS EFICIENTE Y AJUSTE DEL (KC) MEDIANTE LISIMETRIA EN EL CULTIVO DE ARVEJA (*Pisum sativum L.*) var. Quantum EN LA ESTACIÓN EXPERIMENTAL TUNSHI**”, realizado por el señor: **JOSE LUIS RUIZ LEÓN**, ha sido minuciosamente revisado por los miembros del Tribunal del Trabajo de Integración Curricular, el mismo que cumple con los requisitos científicos, técnicos, legales, en tal virtud el Tribunal Autoriza su presentación.

	FIRMA	FECHA
Ing. Víctor Alberto Lindao Córdova. PhD PRESIDENTE DEL TRIBUNAL		2022-06-08
Ing. Juan Eduardo León Ruiz. PhD DIRECTOR DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR		2022-06-08
Ing. Alfonso Leonel Suarez Tapia. PhD MIEMBRO DEL TRIBUNAL		2022-06-08

DEDICATORIA

El presente trabajo lo quiero dedicar a mi padre Marcos Ruiz, a mi madre Alexandra León, a mis hermanos Jean Ruiz, Ariston Ruiz, Andrés Jiménez, Dickerson Ruiz y Adrián Jiménez que son mi motivación para seguir adelante, por su comprensión y apoyo incondicional en los momentos de dificultad. También a mis amigos con quienes compartí una buena parte de buenos y malos momentos durante mi vida estudiantil. A todos, muchas gracias, esto es por y para ustedes.

Luis

AGRADECIMIENTOS

Mis más sinceros agradecimientos a mis padres Marcos y Alexandra, por su sabiduría, esfuerzo, comprensión y amor para poder forjar mis sueños y objetivos durante toda mi vida, así como también a mi hermano Jean Ruiz que en conjunto a su esposa me motivaron, aconsejaron y ayudaron en todo momento. Un especial agradecimiento a mis amigos con los que empecé este reto en mi vida y a los que encontré en el camino, que reforzaron a la persona que soy hoy en día como Vanessa Vizuete, Cristian Manya, Marcia Guambo, Juan Coro, Ángel Altamirano, Evelyn Cayambe, Luis Agila y Gabriela Espinoza a los que llevare en mi corazón y cuentan con mi apoyo incondicional, les deseo éxitos en sus nuevas metas y objetivos propuestos. Expresar también mi gratitud al Ing. Juan Eduardo León Ruiz. PhD, director de mi trabajo de titulación y mentor, por su amistad y apoyo indiscutible durante la investigación, además de abrirme las puertas al centro experimental del riego (CER) que en conjunto al Ing. Sebastián Silva supieron guiarme con sus conocimientos durante el transcurso de mi trabajo de titulación. Quiero agradecer de igual manera al Ing. Alfonso Leonel Suarez Tapia. PhD, asesor de mi trabajo de titulación, por brindarme su valioso tiempo, dedicación y conocimientos impartidos en el transcurso de la investigación. Agradezco a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo en especial al grupo de trabajadores de la estación experimental Tunshi en el área agrícola liderados por el Ing. Marco Vivar por haberme ayudado en la realización del trabajo de campo en la investigación.

Luis

TABLA DE CONTENIDOS

ÍNDICE DE TABLAS.....	ix
ÍNDICE DE GRÁFICOS.....	xi
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xiii
ÍNDICE DE ANEXOS.....	xiv
RESUMEN.....	xv
ABSTRACT.....	xvi
INTRODUCCIÓN.....	1

CAPÍTULO I.

1. MARCO TEORICO REFERENCIAL.....	4
1.1. Recurso hídrico.....	4
1.1.1. <i>Importancia del riego en los cultivos</i>	4
1.1.2. <i>Requerimiento de agua en el cultivo</i>	5
1.1.3. <i>Balance hídrico</i>	5
1.1.3.1. <i>Método del balance hídrico</i>	5
1.2. Riego.....	6
1.2.1. <i>El agua en el suelo</i>	6
1.2.1.1. <i>Clasificación del agua en el suelo</i>	6
1.2.1.2. <i>Métodos para medir el agua en el suelo</i>	7
1.2.2. <i>Métodos de riego</i>	8
1.2.2.1. <i>Riego por gravedad</i>	8
1.2.2.2. <i>Riego por aspersión</i>	9
1.2.2.3. <i>Riego por goteo</i>	10
1.2.3. <i>Programación de riego</i>	11
1.2.3.1. <i>Programación en tiempo real</i>	11
1.2.4. <i>Riego tecnificado</i>	11
1.3. Coeficiente de cultivo (kc).....	12
1.3.1. <i>Fenología</i>	12
1.3.2. <i>Evapotranspiración de referencia (ET_o)</i>	12
1.3.3. <i>Evapotranspiración del cultivo (ET_c)</i>	12
1.4. Conductancia estomática.....	13
1.4.1. <i>Porómetro de hoja (Meter SC-1)</i>	13

1.5.	Potencial hídrico.....	13
1.5.1.	<i>Método de la bomba scholander</i>	14
1.6.	Eficiencia del riego	14
1.6.1.	<i>Riego por goteo.....</i>	14
1.6.1.1.	<i>Especificaciones técnicas de los goteros</i>	14
1.6.1.2.	<i>Cálculo de la eficiencia.....</i>	15
1.6.2.	<i>Riego por aspersión.....</i>	15
1.6.2.1.	<i>Especificaciones técnicas de los aspersores</i>	15
1.6.2.2.	<i>Cálculo de la eficiencia.....</i>	16
1.6.3.	<i>Riego por gravedad</i>	16
1.6.3.1.	<i>Cálculo de la eficiencia.....</i>	16
1.7.	Diseño agronómico	17
1.7.1.	<i>Frecuencia de riego.....</i>	17
1.7.2.	<i>Lamina neta y bruta</i>	17
1.7.3.	<i>Volumen de riego</i>	18
1.8.	Diseño hidráulico.....	18
1.8.1.	<i>Cálculo de los laterales</i>	19
1.8.2.	<i>Dimensiones del lateral.....</i>	19
1.8.3.	<i>Velocidad máxima permisible</i>	19
1.8.4.	<i>Caudal de la tubería principal</i>	19
1.8.5.	<i>Pérdida de carga.....</i>	19
1.9.	Lisímetro de drenaje	20
1.10.	Huella hídrica	20
1.10.1.	<i>Huella hídrica azul.....</i>	20
1.10.2.	<i>Huella hídrica verde.....</i>	20
1.11.	Cultivo de arveja	20
1.11.1.	<i>Importancia</i>	20
1.11.2.	<i>Taxonomía.....</i>	21
1.11.3.	<i>Descripción botánica.....</i>	21
1.11.4.	<i>Fenología de la arveja.....</i>	22
1.11.4.1.	<i>Fases fenológicas.....</i>	22
1.11.5.	<i>Manejo de cultivo</i>	22
1.11.5.1.	<i>Preparación del suelo</i>	22
1.11.5.2.	<i>Desinfección de la semilla</i>	23
1.11.5.3.	<i>Control de malezas.....</i>	23
1.11.5.4.	<i>Fertilización.....</i>	23
1.11.5.5.	<i>Manejo de plagas del cultivo de arveja</i>	24

1.11.5.6.	<i>Manejo de enfermedades en el cultivo de arveja</i>	24
1.11.5.7.	<i>Cosecha</i>	25
1.11.6.	Requerimientos edafoclimáticos	25
1.11.7.	Requerimientos hídricos	25

CAPÍTULO II

2.	MARCO METODOLÓGICO	26
2.1.	Características del área experimental	26
2.1.1.	<i>Localización</i>	26
2.1.2.	<i>Ubicación geográfica</i>	26
2.1.3.	<i>Condiciones climáticas</i>	26
2.1.4.	<i>Clasificación ecológica</i>	26
2.1.5.	<i>Especificaciones del ensayo</i>	26
2.1.5.1.	<i>Parcela experimental</i>	26
2.1.5.2.	<i>Unidad experimental</i>	27
2.1.6.	Diseño experimental	27
2.1.6.1.	<i>Características del diseño</i>	27
2.1.6.2.	<i>Esquema del análisis de varianza</i>	27
2.1.6.3.	<i>Análisis funcional</i>	27
2.1.6.4.	<i>Análisis económico</i>	27
2.2.	Equipos y materiales	28
2.2.1.	<i>Material biológico</i>	28
2.2.2.	<i>Materiales de campo y equipos de laboratorio</i>	28
2.2.3.	<i>Materiales de oficina</i>	28
2.3.	Métodos	28
2.3.1.	Eficiencia de riego	28
2.3.1.1.	<i>Eficiencia de riego en gravedad</i>	28
2.3.1.2.	<i>Eficiencia de riego en aspersión</i>	31
2.3.1.3.	<i>Eficiencia de riego en goteo</i>	32
2.3.2.	Ajuste del coeficiente de cultivo	34
2.3.2.1.	<i>Calibración de los lisímetros de drenaje</i>	34
2.3.2.2.	<i>Contenido de humedad del suelo (%)</i>	36
2.3.2.3.	<i>Método de los tensiómetros</i>	36
2.3.2.4.	<i>Manejo de los lisímetros de drenaje</i>	37
2.4.	Variables agronómicas y métodos de evaluación	38
2.4.1.	<i>Altura de la planta</i>	38

2.4.2.	<i>Numero de hojas por planta</i>	38
2.4.3.	<i>Diámetro del tallo</i>	39
2.4.4.	<i>Conductancia estomática antes y después del riego</i>	39
2.4.5.	<i>Potencial hídrico antes y después del riego</i>	40
2.4.6.	<i>Contenido relativo de agua (WRC)</i>	41
2.4.7.	<i>Materia seca de la planta y vaina</i>	42
2.4.8.	<i>Huella hídrica</i>	42
2.4.9.	<i>Rendimiento</i>	42
2.4.10.	<i>Volumen de agua aplicado</i>	42
2.5.	Manejo del ensayo	43
2.5.1.	Labores preculturales	43
2.5.1.1.	<i>Muestreo de suelo</i>	43
2.5.1.2.	<i>Preparación del suelo</i>	43
2.5.1.3.	<i>División de parcelas</i>	43
2.5.1.4.	<i>Surcado</i>	43
2.5.1.5.	<i>Instalación de los sistemas de riego</i>	44
2.5.2.	Labores culturales	44
2.5.2.1.	<i>Siembra</i>	44
2.5.2.2.	<i>Fertilización</i>	45
2.5.2.3.	<i>Deshierbe</i>	45
2.5.2.4.	<i>Riego</i>	45
2.5.2.5.	<i>Manejo de plagas y enfermedades</i>	45
2.5.2.6.	<i>Cosecha</i>	46

CAPÍTULO III

3.	MARCO DE RESULTADOS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS	47
3.1.	Identificación y duración de las etapas fenológicas en el cultivo de arveja (<i>Pisum sativum</i> L.) Var. Quantum	47
3.1.1.	<i>Etapas inicial</i>	47
3.1.2.	<i>Etapas de desarrollo</i>	48
3.1.3.	<i>Etapas intermedia</i>	48
3.1.4.	<i>Etapas final</i>	48
3.1.5.	<i>Ciclo de cultivo en arveja (<i>Pisum sativum</i> L.) var. Quantum</i>	48
3.2.	Coefficiente de cultivo y kc ajustado por lisimetría en el cultivo de arveja (<i>Pisum sativum</i> L.) Var. Quantum	49
3.3.	Variables y métodos de evaluación	52
3.3.1.	<i>Altura de la planta</i>	52

3.3.1.1.	<i>Altura de la planta a los 20 días</i>	52
3.3.1.2.	<i>Altura de la planta a los 40 días</i>	53
3.3.1.3.	<i>Altura de la planta a los 80 días</i>	54
3.3.1.4.	<i>Altura de la planta a los 120 días</i>	55
3.3.2.	<i>Diámetro del tallo</i>	56
3.3.2.1.	<i>Diámetro del tallo a los 20 días</i>	56
3.3.2.2.	<i>Diámetro del tallo a los 40 días</i>	57
3.3.2.3.	<i>Diámetro del tallo a los 80 días</i>	58
3.3.2.4.	<i>Diámetro del tallo a los 120 días</i>	59
3.3.3.	<i>Numero de hojas</i>	60
3.3.3.1.	<i>Numero de hojas a los 20 días</i>	60
3.3.3.2.	<i>Numero de hojas a los 40 días</i>	61
3.3.3.3.	<i>Numero de hojas a los 80 días</i>	61
3.3.3.4.	<i>Numero de hojas a los 120 días</i>	62
3.3.4.	<i>Conductancia estomática antes del riego</i>	63
3.3.4.1.	<i>Conductancia estomática antes del riego a los 20 días</i>	63
3.3.4.2.	<i>Conductancia estomática antes del riego a los 40 días</i>	65
3.3.4.3.	<i>Conductancia estomática antes del riego a los 80 días</i>	66
3.3.4.4.	<i>Conductancia estomática antes del riego a los 120 días</i>	67
3.3.5.	<i>Conductancia estomática después del riego</i>	68
3.3.5.1.	<i>Conductancia estomática después del riego a los 20 días</i>	68
3.3.5.2.	<i>Conductancia estomática después del riego a los 40 días</i>	69
3.3.5.3.	<i>Conductancia estomática después del riego a los 80 días</i>	70
3.3.5.4.	<i>Conductancia estomática después del riego a los 120 días</i>	71
3.3.6.	<i>Potencial hídrico antes del riego</i>	73
3.3.6.1.	<i>Potencial hídrico antes del riego a los 20 días</i>	73
3.3.6.2.	<i>Potencial hídrico antes del riego a los 40 días</i>	74
3.3.6.3.	<i>Potencial hídrico antes del riego a los 80 días</i>	75
3.3.6.4.	<i>Potencial hídrico antes del riego a los 120 días</i>	76
3.3.7.	<i>Potencial hídrico después del riego</i>	78
3.3.7.1.	<i>Potencial hídrico después del riego a los 20 días</i>	78
3.3.7.2.	<i>Potencial hídrico después del riego a los 40 días</i>	79
3.3.7.3.	<i>Potencial hídrico después del riego a los 80 días</i>	80
3.3.7.4.	<i>Potencial hídrico después del riego a los 120 días</i>	81
3.3.8.	<i>Contenido relativo de agua (WRC)</i>	82
3.3.9.	<i>Materia seca</i>	83
3.3.9.1.	<i>Materia seca de la vaina</i>	83

3.3.9.2.	<i>Materia seca de la planta</i>	84
3.3.10.	Rendimiento	86
3.3.10.1.	<i>Rendimiento en kg por parcela neta</i>	86
3.3.10.2.	<i>Rendimiento en kg/ha</i>	87
3.3.11.	Huella hídrica	89
3.3.11.1.	<i>Huella hídrica azul</i>	89
3.3.11.2.	<i>Huella hídrica verde</i>	91
3.3.11.3.	<i>Huella hídrica con materia seca</i>	92
3.4.	Eficiencia de riego	94
3.5.	Volumen de agua aplicado	95
3.6.	Análisis económico	96
CONCLUSIONES		97
RECOMENDACIONES		98
BIBLIOGRAFÍA		
ANEXOS		

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1-1:	Interpretación del contenido de humedad en base a diferentes tipos de suelos	7
Tabla 2-1:	Interpretación de lecturas del tensiómetro.....	8
Tabla 3-1:	Principales ventajas y desventajas en riego por gravedad	9
Tabla 4-1:	Principales ventajas y desventajas del riego por aspersión	10
Tabla 5-1:	Principales ventajas y desventajas del riego por goteo.....	10
Tabla 6-1:	Interpretación de CU	15
Tabla 7-1:	Tipo de aspersores según su presión de trabajo.....	15
Tabla 8-1:	Clasificación taxonómica	21
Tabla 9-1:	Fases fenológicas de la arveja.	22
Tabla 10-1:	Extracción de nutrientes en kg/ha.....	23
Tabla 11-1:	Plagas más comunes y su control químico	24
Tabla 12-1:	Enfermedades más comunes y su control químico.....	24
Tabla 1-2:	Análisis de varianza.....	27
Tabla 2-2:	Registro de datos para gravedad.....	29
Tabla 3-2:	Registro de datos para aspersión.	31
Tabla 4-2:	Volúmenes medidos en cada vaso pluviométrico de aspersión.....	32
Tabla 5-2:	Registro de datos para goteo.....	33
Tabla 6-2:	Volúmenes almacenado en cada vaso pluviométrico de goteo.	33
Tabla 7-2:	Identificación de etapas fenológicas en arveja.....	37
Tabla 8-2:	Especificación técnicas de emisores.....	44
Tabla 1-3:	Análisis de varianza para altura de la planta a los 20 días.....	52
Tabla 2-3:	Análisis de varianza para altura de la planta a los 40 días.....	53
Tabla 3-3:	Análisis de varianza para altura de la planta a los 80 días.....	54
Tabla 4-3:	Análisis de varianza para altura de planta a los 120 días.	55
Tabla 5-3:	Análisis de varianza para diámetro del tallo a los 20 días.....	56
Tabla 6-3:	Análisis de varianza para diámetro del tallo a los 40 días.....	57
Tabla 7-3:	Análisis de varianza para diámetro del tallo a los 80 días.....	58
Tabla 8-3:	Análisis de varianza para diámetro del tallo a los 120 días.....	59
Tabla 9-3:	Análisis de varianza para número de hojas a los 20 días.....	60
Tabla 10-3:	Análisis de varianza para el número de hojas a los 40 días.....	61
Tabla 11-3:	Análisis de varianza para el número de hojas a los 80 días.....	62
Tabla 12-3:	Análisis de varianza para el número de hojas a los 120 días.....	63
Tabla 13-3:	Análisis de varianza para la conductancia estomática antes del riego a 20 días.	64

Tabla 14-3:	Análisis de varianza para la conductancia estomática antes del riego a 40 días.	65
Tabla 15-3:	Análisis de varianza para la conductancia estomática antes del riego a 80 días.	66
Tabla 16-3:	Análisis de varianza para la conductancia estomática antes del riego a 120 días.	67
Tabla 17-3:	Análisis de varianza para la conductancia estomática después del riego a los 20 días.....	68
Tabla 18-3:	Análisis de varianza para la conductancia estomática después del riego a los 40 días.....	69
Tabla 19-3:	Análisis de varianza para la conductancia estomática después del riego a los 80 días.....	70
Tabla 20-3:	Análisis de varianza para la conductancia estomática después del riego a los 120 días.....	72
Tabla 21-3:	Análisis de varianza para el estrés hídrico antes del riego a los 20 días.....	73
Tabla 22-3:	Análisis de varianza para el potencial hídrico antes del riego a los 40 días.	74
Tabla 23-3:	Análisis de varianza para el potencial hídrico antes del riego a los 80 días.	75
Tabla 24-3:	Análisis de varianza para el potencial hídrico antes del riego a los 120 días.	76
Tabla 25-3:	Análisis de varianza para el potencial hídrico después del riego a los 20 días....	78
Tabla 26-3:	Análisis de varianza para el potencial hídrico después del riego a los 40 días....	79
Tabla 27-3:	Análisis de varianza para el potencial hídrico después del riego a los 80 días....	80
Tabla 28-3:	Análisis de varianza para el potencial hídrico después del riego a los 120 días..	81
Tabla 29-3:	Análisis de varianza para el contenido relativo de agua.....	82
Tabla 30-3:	Análisis de varianza para la materia seca de la vaina.....	84
Tabla 31-3:	Análisis de varianza para la materia seca de la planta.....	85
Tabla 32-3:	Análisis de varianza para el rendimiento en kg por parcela neta.....	86
Tabla 33-3:	Comparaciones ortogonales para el rendimiento en kg por parcela neta.	86
Tabla 34-3:	Análisis de varianza para el rendimiento en kilogramos por hectárea.	87
Tabla 35-3:	Comparaciones ortogonales para el rendimiento en kilogramos por hectárea. ...	88
Tabla 36-3:	Análisis de varianza para la huella hídrica azul.....	90
Tabla 37-3:	Comparaciones ortogonales para la huella hídrica azul.	90
Tabla 38-3:	Análisis de varianza para la huella hídrica verde.	91
Tabla 39-3:	Comparaciones ortogonales para la huella hídrica verde.	91
Tabla 40-3:	Análisis de varianza para la huella hídrica con materia seca.....	92
Tabla 41-3:	Comparaciones ortogonales para la huella hídrica con materia seca.....	93
Tabla 42-3:	Análisis de varianza para la eficiencia de riego.....	94
Tabla 43-3:	Lámina de agua aplicada en cada tratamiento.	95
Tabla 44-3:	Relación beneficio – costo.....	96

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1-3:	Duración de etapas fenológicas en el cultivo de arveja (<i>Pisum sativum</i> L.) var. Quantum.	47
Gráfico 2-3:	Ciclo de cultivo de arveja (<i>Pisum sativum</i> L.) var. Quantum.....	49
Gráfico 3-3:	Coefficiente del cultivo de arveja (<i>Pisum sativum</i> L.) var. Quantum ajustado por lisimetría.....	50
Gráfico 4-3:	Coefficiente de cultivo (kc) semanal en el cultivo de arveja (<i>Pisum sativum</i> L.) var. Quantum.	51
Gráfico 5-3:	Altura de la planta a los 20 días.....	52
Gráfico 6-3:	Altura de la planta a los 40 días.....	53
Gráfico 7-3:	Altura de la planta a los 80 días.....	54
Gráfico 8-3:	Altura de la planta a los 120 días.....	55
Gráfico 9-3:	Diámetro del tallo a los 40 días.	57
Gráfico 10-3:	Diámetro del tallo a los 80 días.	58
Gráfico 11-3:	Diámetro del tallo a los 120 días.	59
Gráfico 12-3:	Número de hojas a los 20 días.....	61
Gráfico 13-3:	Número de hojas a los 80 días.....	62
Gráfico 14-3:	Conductancia estomática antes del riego a los 20 días.....	64
Gráfico 15-3:	Conductancia estomática antes del riego a los 40 días.	65
Gráfico 16-3:	Conductancia estomática antes del riego a los 80 días.....	66
Gráfico 17-3:	Conductancia estomática antes del riego a los 120 días.....	67
Gráfico 18-3:	Conductancia estomática después del riego a los 20 días.	69
Gráfico 19-3:	Conductancia estomática después del riego a los 40 días.	70
Gráfico 20-3:	Conductancia estomática después del riego a los 80 días.	71
Gráfico 21-3:	Conductancia estomática después del riego a los 120 días.	72
Gráfico 22-3:	Potencial hídrico antes del riego a los 20 días.....	74
Gráfico 23-3:	Potencial hídrico antes del riego a los 40 días.....	75
Gráfico 24-3:	Potencial hídrico antes del riego a los 80 días.....	76
Gráfico 25-3:	Potencial hídrico antes del riego a los 120 días.....	77
Gráfico 26-3:	Potencial hídrico después del riego a los 20 días.	78
Gráfico 27-3:	Potencial hídrico después del riego a los 40 días.	79
Gráfico 28-3:	Potencial hídrico después del riego a los 80 días.	81
Gráfico 29-3:	Potencial hídrico después del riego a los 120 días.	81
Gráfico 30-3:	Contenido relativo de agua.	83
Gráfico 31-3:	Materia seca de la vaina.	84

Gráfico 32-3:	Materia seca de la planta.	85
Gráfico 33-3:	Rendimiento en kilogramos por parcela neta.	87
Gráfico 34-3:	Rendimiento en kilogramos por hectárea.	88
Gráfico 35-3:	Rendimiento relativo por tratamiento considerando 18 To/ha.	89
Gráfico 36-3:	Huella hídrica azul.....	90
Gráfico 37-3:	Huella hídrica verde.	92
Gráfico 38-3:	Huella hídrica con materia seca.....	93
Gráfico 39-3:	Coefficiente de uniformidad.	94

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1-2:	Eficiencia de riego por gravedad.	29
Figura 2-2:	Aforo y largo del zurco.	30
Figura 3-2:	Esquema de eficiencia de riego en aspersión.	31
Figura 4-2:	a) ubicación de vasos, b) Presión de salida, c) Aforo.	32
Figura 5-2:	Esquema para eficiencia de riego en goteo.	33
Figura 6-2:	a) presión de entrada, b) ubicación de vasos, c) Presión de salida.	34
Figura 7-2:	Mantenimiento de los lisímetros y compactación del suelo.	35
Figura 8-2:	Porcentaje de humedad.	36
Figura 9-2:	Altura de la planta.	38
Figura 10-2:	Diámetro del tallo.	39
Figura 11-2:	a) Calibración, b) Lectura de conductancia estomática, c) Dato.	40
Figura 12-2:	a) Ubicación de la hoja, b) Gotas de savia en el peciolo, c) P. Hídrico.	41
Figura 13-2:	Toma de muestra con el sacabocado y peso.	41
Figura 14-2:	Peso de materia seca de la planta y vainas.	42
Figura 15-2:	Remoción del suelo con arado y rastra.	43
Figura 16-2:	Riego por aspersión, goteo y gravedad.	45
Figura 17-2:	Preparación de solución y aplicación.	46
Figura 18-2:	a) Recolección de vainas, b) Selección, c) Comercialización.	46

ÍNDICE DE ANEXOS

- ANEXO A:** DISTRIBUCIÓN DEL ENSAYO EN LA ESTACIÓN EXPERIMENTAL TUNSHI
EN EL CENTRO EXPERIMENTAL DEL RIEGO.
- ANEXO B:** REGISTRO DE DATOS A LOS 20 DÍAS.
- ANEXO C:** REGISTRO DE DATOS A LOS 40 DÍAS.
- ANEXO D:** REGISTRO DE DATOS A LOS 60 DÍAS.
- ANEXO E:** REGISTRO DE DATOS A LOS 80 DÍAS.
- ANEXO F:** REGISTRO DE DATOS A LOS 100 DÍAS.
- ANEXO G:** REGISTRO DE DATOS A LOS 120 DÍAS.
- ANEXO H:** CONTENIDO RELATIVO DE AGUA (%).
- ANEXO I:** MATERIA SECA DE LA VAINA (%).
- ANEXO J:** MATERIA SECA DE LA PLANTA (%).
- ANEXO K:** COEFICIENTE DE UNIFORMIDAD (%).
- ANEXO M:** HUELLA HÍDRICA VERDE, AZUL Y MATERIA SECA.
- ANEXO N:** RENDIMIENTO EN KILOGRAMOS POR PARCELA NETA.
- ANEXO Ñ:** RENDIMIENTO EN KILOGRAMOS POR HECTÁREA.
- ANEXO O:** PESTICIDAS Y FERTILIZANTES EMPLEADOS EN LA INVESTIGACIÓN.
- ANEXO P:** PROGRAMACIÓN DE RIEGO EN GRAVEDAD.
- ANEXO Q:** PROGRAMACIÓN DE RIEGO EN ASPERSIÓN.
- ANEXO R:** PROGRAMACIÓN DE RIEGO EN GOTEÓ.

RESUMEN

El objetivo de la investigación fue la determinación del método de riego más eficiente y el ajuste del coeficiente de cultivo (k_c) en el cultivo de arveja (*Pisum sativum* L) var. Quantum mediante lisímetría, en la estación experimental Tunshi, se utilizó un diseño de completo al azar (DCA) donde se incluyeron 4 tratamientos y 3 repeticiones siendo el T1 aspersión, T2 goteo, T3 gravedad y T4 testigo para determinar la eficiencia de riego y un bloque de lisímetros de 3 repeticiones con goteo para el ajuste el k_c , se tomaron datos biométricos como altura de la planta, diámetro del tallo, número de hojas, conductancia estomática antes y después del riego, estrés hídrico antes y después del riego cada 20 días, además del contenido relativo de agua, materia seca de la planta y vaina, huella hídrica verde y azul, rendimiento en Kg/ha y finalmente el volumen de agua aplicado, la eficiencia de aplicación se obtuvo aplicando la fórmula de coeficiente de uniformidad para goteo y aspersión, en gravedad con el volumen infiltrado y escurrido, para el ajuste del k_c se determinaron la duración de las etapas fenológicas, la evapotranspiración del cultivo (Etc) y la evapotranspiración de referencia (ET_o) se obtuvieron calculando el volumen de ingreso y de salida dividiendo para el área del cada lisímetro. El método de riego que presento mayor rendimiento fue goteo con 18 T/ha, menor huella hídrica con 207.02 L/kg y una eficiencia de aplicación del 93.77 % y los valores de K_c fueron de 0.4, 1.0, 1.1, 0.7 para la etapa de inicio, desarrollo, intermedia y final respectivamente. Se concluye que el método de riego más efectivo para el cultivo de arveja es goteo. Se recomienda el uso de los datos obtenidos para optimizar el uso del agua y el rendimiento.

Palabras clave: <LISÍMETRO DE DRENAJE>, <COEFICIENTE DE CULTIVO>, <ARVEJA (*Pisum sativum* L)>, <MÉTODOS DE RIEGO>, <EFICIENCIA DE RIEGO>


D.B.R.A.I.
Ing. Cristhian Castillo



1268-DBRA-UTP-2022

ABSTRACT

The objective of this research work was to determine the most efficient irrigation method and crop coefficient adjustment (kc) in the pea crop (*Pisum sativum* L) var. Quantum by lysimetry at the Tunshi experimental station. It was included a complete randomized design (CRD) with four treatments and three replications, T1 sprinkler, T2 drip, T3 gravity, and T4 control for determining irrigation efficiency, and a lysimeter block of three repetitions with drip to adjust the kc. Biometric data were taken as plant height, stem diameter, a number of leaves, stomatal conductance before and after irrigation, water stress before and after irrigation every 20 days, as well as relative water content, plant, and pod dry matter, green and blue water footprint, yield in Kg/ha and finally the volume of water applied. The application efficiency was obtained by applying the uniformity coefficient formula for drip and sprinkler in gravity with the infiltrated and drained volume, for the adjustment of the kc the duration of the phenological stages was determined, the crop evapotranspiration (*Etc*), and the reference evapotranspiration (*ETo*) were obtained by calculating the input and output volume dividing by the area of each lysimeter. The irrigation method that presented the highest yield was drip irrigation with 18 T/ha, the lowest water footprint with 207.02 L/kg, and application efficiency of 93.77 %, and the Kc values were 0.4, 1.0, 1.1, 0.7 for the beginning, development, intermediate, and final stages, respectively. It is concluded that the most effective irrigation method for the pea crop is drip irrigation. It is recommended to use the data obtained to optimize water use and yield.

Keywords: <DRAIN LYSIMETER>, <CROP COEFFICIENT>, < PEA (*Pisum sativum* L)>, <IRRIGATION METHOD>, < IRRIGATION EFFICIENCY >



Firmado electrónicamente por:
**SILVANA
PATRICIA
CELLERI QUINDE**

Silvana Patricia Céleri Quinde

C.C. 0602669830

INTRODUCCIÓN

Los sistemas productivos como suelo y agua cada día siguen degradándose principalmente por el abuso de recursos y falta de información sobre su conservación, existen algunas tecnologías vigentes en el campo experimental, pero están no llegan al campo a pesar de que aseguran un mejor uso del agua y suelo, por lo que es necesario un cambio en transferencias de tecnologías y conocimiento. En el Ecuador hay 5 de cada 10 personas del sector rural son dedicadas a la agricultura y el uso de tecnologías está limitado a pocos jóvenes que se desempeñan en esta área productiva (Román et al., 2014, pp. 103-104).

Según el tercer censo agropecuario en Ecuador, hasta esa fecha el área irrigada es de 853.332 has y que representa solo la cuarta parte del área cultivada, el consumo de agua en irrigación representa el 82% de agua total del país, por lo que es necesario optimizar el uso para reducir el gasto y aumentar rendimientos (Zapata y Gasselin, 2005, p. 3-4).

La inversión en un sistema de riego puede resultar alto, pero los beneficios son por largo plazo y son de buena durabilidad, incrementan los rendimientos de los cultivos, ahorran gastos en mantenimiento de maquinaria, disminuyen la mano de obra y tienen un impacto ambiental positivo al disminuir el consumo de agua, a esto se le incluye la poca disponibilidad de agua en el entorno que con métodos tradicionales sería complicado tener ganancias en agricultura y al tener un sistema de riego mejora las opciones del agricultor de tener un rédito económico a sus cultivos (Espinosa et al., 2016, p. 2-3).

PROBLEMA

Las principales dificultades de los agricultores de la región sierra ecuatoriana son los bajos rendimientos en sus cultivos de arveja y que luego se refleja en sus pocas entradas económicas al comercializar sus productos, estos bajos rendimientos son la acumulación de factores climáticos, edáficos, hídricos, plagas y enfermedades que afectan a las plantas durante su desarrollo que dejan expuesto a una maduración temprana e incompleta.

El pobre manejo del agua genera que los otros factores que afectan al rendimiento hagan mayor efecto en la planta originándoles estrés, los excesos de agua en los cultivos intensifican el ataque de plagas y enfermedades, reducen los espacios para el oxígeno en el suelo e impiden la correcta absorción de nutrientes a la planta, mientras tanto que el déficit hídrico es aún peor para el estado de salud del vegetal originando estrés, dificultades en la absorción de nutrientes y retraso en el crecimiento y desarrollo del cultivo.

Existe un desconocimiento sobre las necesidades hídricas de los cultivos y como se pueden determinar en sectores alejados del área urbana, el coeficiente de cultivo es específico para el cultivo y la zona lo que imposibilita el estudio de las necesidades de agua.

El cultivo de arveja es uno de los principales cultivos de la región sierra y frecuentemente se usa el método de riego por gravedad que tiene entre un 50 y 60% de eficiencia en el uso del agua y poca distribución del agua en el área de cultivo, mientras el riego por goteo y aspersión no son usadas con frecuencia por falta de información de los beneficios que otorgan al cultivo en rendimientos y aprovechamiento del agua en el sector.

JUSTIFICACIÓN

El riego está enfocado en reducir las pérdidas de agua y mejorar el suministro de agua a las plantas para un correcto desarrollo en su ciclo de cultivo, las precipitaciones no son suficientes para suplir las necesidades de agua de la planta, y que debe estar bien distribuida en la zona radicular en cantidades optimas y siempre disponible (Demin, 2014, p.24). Los métodos de riego ayudan a mejorar el acceso de agua al suelo y raíces, pero como todo método tiene su dificultad es necesario evaluar su eficiencia en distribución y aprovechamiento en determinados cultivos.

Es necesario conocer las necesidades de agua en arveja en ciertas zonas que tienen un régimen de precipitaciones específica, estas necesidades de agua son mayores en época de floración y desarrollo y el coeficiente de cultivo es una valor que refleja las épocas críticas y de mayor demanda de agua de las plantas (Anchivilca, 2018, p. 15-16).

La eficiencia de riego representan las pérdidas que ocurren desde la fuente de agua hasta las plantas y que se expresa en porcentaje (Petillo, 2010, p. 30), esto ayuda a mejorar el diseño del sistema de riego para que el agua sea mejor aprovechable por las plantas y generar ahorro en sectores que tienen dificultades en su acceso.

OBJETIVOS

Objetivo general

Determinar el método de riego más eficiente en el cultivo de arveja (*Pisum sativum* L) var. Quantum y ajuste del (Kc) mediante lisímetría.

Objetivos específicos

Analizar la eficiencia de la aplicación de 3 métodos de riego (aspersión, gravedad y goteo) frente a un testigo sin riego.

Construir curvas de kc mediante la utilización de lisímetros de drenaje de acuerdo con las etapas fenológicas de la arveja (*Pisum sativum* L) var. Quantum.

Determinar la huella hídrica (verde y azul).

Realizar el análisis económico a través de la relación beneficio – costo.

HIPOTESIS

Hipótesis nula

Ningún método de riego influye en el rendimiento en vaina del cultivo de arveja (*Pisum sativum* L) var. Quantum.

Hipótesis alterna

Al menos uno de los métodos de riego influye en el rendimiento en vaina del cultivo de arveja (*Pisum sativum* L) var. Quantum.

CAPÍTULO I

1. MARCO TEÓRICO REFERENCIAL

1.1. Recurso hídrico

El aprovechamiento del agua en riego viene cobrando más importancia en la última década en nuestro país donde la inequidad en la distribución de este recurso es enorme según Vásquez Paniagua y Alfredo (2008, p. 7) donde también se ha evaluado que la eficiencia de riego con métodos tradicionales de zonas montañosas de la sierra es del 40%, dando a reconocer los problemas en el uso del agua. Sin embargo, algunas instituciones del estado han venido proporcionando capacitaciones al sector agropecuario en nuevas técnicas de irrigación para disminuir los impactos negativos como erosión, pérdida de fertilidad y escases de agua que han dejado el uso ineficiente del agua durante algunos años (Cisneros y Pacheco, 2010).

Dentro de los sistemas de riego para optimizar el uso del agua en sectores montañosos de la sierra ecuatoriana están los métodos de gravedad que ocupan un 71%, la combinación de gravedad y aspersión ocupan un 21%, aspersión 7% y la combinación de goteo y aspersión el 1%, en la última década se ha modificado la tendencia por un uso más frecuente del sistema de riego por goteo en invernaderos y en pequeños lotes de la agricultura rural llegando a tener un 10% (Cisneros y Pacheco, 2010).

1.1.1. Importancia del riego en los cultivos

La agricultura consume cerca del 70% del agua disponible en el mundo, y es precisamente por la falta de aplicación de tecnologías de irrigación en los sectores rurales (Servín Palestina et al., 2017, p. 423-430).

Muchos de los pequeños agricultores dependen de las precipitaciones anuales para el desarrollo de sus cultivos, bajando por lo tanto la productividad de los suelos al sembrar en determinadas épocas de año, en cultivos de ciclo corto como hortalizas suele ser suficiente las precipitaciones, pero no se obtienen rendimientos óptimos, a esto se le añade un aumento de los periodos de sequía que arriesga la producción de los agricultores. Ante las dificultades se ha incrementado el uso del riego presurizado que salvaguarda e incrementa los rendimientos de los cultivos (Benavides et al., 2017, p. 108-116).

La pobre distribución del agua en exceso causa lixiviación de nutrientes, reducción de la concentración de oxígeno disponible para las raíces, incremento del ataque de plagas y enfermedades y cuando hay déficit de agua se puede generar salinización en el suelo, por lo tanto, disminuyen su fertilidad para las plantas y los rendimientos para los agricultores (Flórez-Tuta et al., 2013, p. 13), también menciona que al aplicar un sistema de riego mantendrá al suelo lo suficientemente húmedo a diferentes profundidades y donde se dé un equilibrio entre sus agregados y el oxígeno.

Un riego adecuado y oportuno ayuda a ahorrar agua, disminuye los costos de producción en energía, insumos y mano de obra, mantiene a las plantas con buena disponibilidad de agua y como resultados se obtienen productos de calidad y buenos rendimientos (Intagri, 2010).

1.1.2. Requerimiento de agua en el cultivo

Los requerimientos hídricos de los cultivos están sujetos a los factores climáticos, el consumo de agua de la especie vegetal y la etapa fenológica del cultivo, estos factores intervienen en el contenido de humedad que rodea a las raíces en el suelo, todos estos datos se usan en el método de balance hídrico donde se determina el contenido de agua necesario para el desarrollo de cultivo (Rogério, Manrique y Cervantes, 2015, p. 5-10).

1.1.3. Balance hídrico

Una superficie agrícola recibe casualmente lluvias y riego, donde una cantidad se infiltra y otra se descarga, luego de un tiempo con el efecto de la energía solar un porcentaje de agua se evapora y el resto es aprovechado por las plantas, esta interacción entre pérdidas y ganancias de agua se denomina balance hídrico (Espinoza, 1989, p. 10).

1.1.3.1. Método del balance hídrico

Según Tijerina Chávez (2000, p. 10), hay que recordar el concepto de balance hídrico, donde se tienen las pérdidas y ganancias de agua de un sistema, este método es útil para determinar la cantidad de agua aportada a un cultivo para que sea eficiente en rendimiento y ahorro de agua, la fórmula es:

$$R_n = ET_c - (P_e + G + W)$$

Dónde:

ET_c: evapotranspiración del cultivo

ET_o: evapotranspiración de referencia

Kc: coeficiente de cultivo

Pe: precipitación efectiva

G: aportaciones del manto freático

W: cambio en el almacenamiento de agua en el suelo

1.2. Riego

1.2.1. *El agua en el suelo*

Para un correcto desarrollo de las plantas es necesario que el suelo presente ciertas características físicas relacionadas a la retención de humedad, la cantidad de agua que se almacena en el suelo y que está en forma utilizable se denomina agua útil que en la mayoría de los suelos está en los primeros 5 a 25 cm de profundidad desde la superficie. El agua aprovechable contenida en el suelo está también relacionada con la fertilidad, según el tipo de suelo, estos pueden retener e impedir la retención de humedad y nutrientes, es por esta razón que las propiedades físicas deben estar en términos intermedios dependiendo del cultivo. El uso adecuado del agua en el suelo se va a ver reflejado en buenos rendimientos de los cultivos (Thompson y Troeh, 1982, p. 99).

1.2.1.1. *Clasificación del agua en el suelo*

Capacidad de campo (CC): Es la cantidad de agua que se almacena en el suelo por 1 o 2 días después de llegar al punto de saturación y que el drenaje ha parado a cubierta de la evaporación, e este momento la energía que es retenida el agua es del orden es de 0,1 a 0,5 bares o 30 0 33 kpa (García, Sosa y Fernández. 2015, p. 17).

Punto de marchitez permanente (PMP): Es el contenido hídrico del suelo más negativo al cual las hojas de las plantas no recobran su turgencia. Depende de las condiciones climáticas del suelo y la conductividad hidráulica y sus valores están cerca de los -15 bares, citado por (YESID, 2006, p. 32-33).

Agua útil (AU): Es el punto medio entre el contenido máximo de humedad en capacidad de campo y el límite mínimo de absorción denominado punto de marchitez permanente, dentro de este rango las plantas son capaces de absorber agua (Assan y Gorosito, 2018, p. 11).

1.2.1.2. Métodos para medir el agua en el suelo

Para medir la humedad del suelo se han diseñado algunas técnicas o métodos que permiten obtener la información sencilla y que depende de los materiales y equipos que dispongan en el entorno, estos se clasifican, gravimétrico y tensiómetros.

Gravimétrico: Consiste en tomar muestras de suelo a diferentes profundidades entre 10 cm aproximadamente, las muestras se toman con un barreno y se depositan en cajas metálicas, luego se las pesan se somete a una estufa a 105 – 110 °C por 24 horas, luego se vuelve a pesar. Finalmente, por diferencia de peso se obtiene un valor que es multiplicado por 100 (Jaramillo, 2002, p. 619)

$$\% H = \frac{PSH - PSS}{PSS} \times 100 \quad (1)$$

Dónde:

%H: porcentaje de humedad

PSH: peso de la muestra húmeda

PSS: peso de la muestra seca luego se haber sido sometida a la estufa a 105°C por 24 h.

Tabla 1-1: Interpretación del contenido de humedad en base a diferentes tipos de suelos

Textura del suelo	Cap. de campo	P.M. permanente	Agua disponible
Arenoso	9%	2%	7%
Arenoso - franco	14%	4%	10%
Franco arenoso - limoso	23%	9%	14%
Franco arenoso + materia orgánica	29%	10%	19%
Franco	34%	12%	22%
Franco - arcilloso	30%	16%	14%
Arcilloso	38%	34%	14%
Arcilloso con buena estructura	50%	30%	20%

Fuente: (Traxco, 2009)

Tensiómetros: Los tensiómetros miden la presión de succión en la que se encuentra el agua dentro de los poros, cada suelo tiene un valor de presión y según Casanellas (2008, p. 291) lo define como “la medida de succión que ejerce el agua del suelo sobre una columna de agua a través de una capsula porosa”. Se mide en intervalos de 0 a 80 Kpa.

Los tensiómetros usados en horticultura son generalmente de 12, 24 y 36 pulgadas que corresponden a unos 15, 30 y 45 cm de longitud, mientras para frutales suele ser de 150 cm de

largo, se pueden ubicar mínimo 4 tensiómetros, uno ubicado en el área de riego y otro centrado en la parcela y cerca del área radicular para verificar la humedad del suelo (Fueyo, 1998, p. 2).

Tabla 2-1: Interpretación de lecturas del tensiómetro

Lectura en centibares	Estado	Explicación
0 - 10	Saturación	Indica que el suelo esta con agua libre o no retenida.
10 - 20	Capacidad de campo	La humedad del suelo está a disposición de la planta con esfuerzo mínimo.
20 - 60	Rango de inicio de riego	Equilibrio entre el agua disponible y aireación, no requiere riego y depende del tamaño de las partículas del suelo
60 - 70	Límite de agua disponible	La planta está padeciendo estrés y cerca del punto de marchitez permanente.
80 - 90	Seco	Dependiendo del tensiómetro puede marcar este valor, lo que indica punto de marchitez permanente.

Fuente: (Villablanca, Cajías y Allende, 2015, p. 2)

1.2.2. Métodos de riego

Los principales motivos para implementar algún método de riego es suplir las necesidades de humedad necesarias para un correcto desarrollo de las plantas ya que les ayuda a transportar nutrientes y en ocasiones lavar los suelos con excesos de sales que pueden perjudicar a los cultivos, además de suplir las necesidades de agua en épocas de alta evapotranspiración y pocas precipitaciones (Pascual y Pascual, 2020, p. 19) Dentro de algunas de los métodos de riego más conocidos están el riego por gravedad, aspersión y goteo.

1.2.2.1. Riego por gravedad

Este sistema de riego consiste en una serie de canales construidos para distribuir el agua en toda el área de cultivo, está conformado por un canal principal, surcos secundarios y un desfogue para eliminar los excesos. El sistema empieza desde una superficie elevada donde se ubica el reservorio o el canal de riego, luego se construyen los otros canales en función de la gravedad, donde no es necesario un motor para hacer funcionar el riego, por el contrario, el agua circulara a favor de la pendiente del terreno (Guerra, 2009, pp. 147-149).

Tabla 3-1: Principales ventajas y desventajas en riego por gravedad

Ventajas	Desventajas
Los costos reducidos en su implementación.	Buena cantidad de mano de obra para regar superficies extensas y alta densidad.
Es perfecto en terreno con pendientes inferiores a 1 y máximo 2 dependiendo si son zonas húmedas o áridas, entre menos pronunciada sea la pendiente más va a ser la retención de humedad.	Los suelos con pendientes muy pronunciadas están en riesgo de erosionarse, debido al arrastre de material desde las partes altas.
Reduce el riesgo de contraer enfermedades vasculares en cultivos sensibles al no hacer circular el agua directamente al tallo o raíces principales.	No se recomienda en suelos muy arenosos por pérdida de nutrientes y rápida evaporación.
Se adapta a los caudales que se tiene a disposición al alternar el riego.	Dificultad para circular el agua en terrenos desnivelados, por lo que requiere de gastos importantes en maquinaria para la nivelación.
La eficiencia del sistema está entre los 50 a 70% variando según las condiciones de manejo de suelo o el uso de mangueras o tubos en la red principal para disminuir las pérdidas.	El agua debe ser de buena calidad para no acumular sales. Requiere de buenas cantidades de agua por la deformidad del riego, para cubrir las necesidades de cultivo y suplir las pérdidas del sistema.

Fuente: (Pascual y Pascual, 2020, p. 20), (Díaz, 2000, p. 67)

Realizado por: Ruiz, J. 2022.

1.2.2.2. Riego por aspersión

El riego de aspersión consiste en suministrar agua en forma de lluvia, simulando a la naturaleza, se aplica una presión para generar el riego en forma de gotas buscando siempre una distribución uniforme, para llevarlo a cabo se necesitan algunas técnicas y equipos, viene siendo un método eficiente en terrenos muy irregulares y de difícil acceso (Martinez, 2014: p. 60-61).

En el riego por aspersión se incluyen los riegos de alta presión, junto al riego por difusión, microaspersión y microdifusión.

Tabla 4-1: Principales ventajas y desventajas del riego por aspersión

Ventajas	Desventajas
Hay un considerable ahorro de agua en comparación al riego por gravedad y sus similares.	Muy dependiente de las condiciones climáticas que van acompañadas de plagas y enfermedades que encuentran un hábitat en la superficie mojada de las plantas
Poca erosión del suelo por arrastre o acumulación de sales.	Dificulta sus labores de manejo cuando al aplicar un producto fitosanitario al removerlo por efecto de la lluvia.
Fácil manipulación de la gota para los diferentes fines de la aplicación, además de reducir la evaporación.	Principales dificultades en su inicio es su elevado costo económico y que va a depender de la superficie a cubrir
Ocupa menos mano de obra en cultivos de alta densidad y en la creación de surcos en el riego por gravedad.	
No necesita que los suelos estén bien nivelados.	
Se eligen las horas de riego según la disponibilidad de tiempo del propietario, ayudando a mejorar la uniformidad del riego causado por el viento.	

Fuente: (Avenza, 2013, p. 122), (Losada, 2005, p. 128).

Realizado por: Ruiz, J. 2022.

1.2.2.3. Riego por goteo

Es un método moderno empleado en la agricultura de precisión y es esencialmente dar a la planta una cantidad adecuada de agua regulada por una presión, tiempo y válvulas, ha permitido hacer agricultura en lugares desérticos y de poco acceso. Dentro de los principales objetivos del riego por goteo están el ahorro de agua, es un método técnico y considerablemente costoso pero que tiene muchas ventajas (Bustamante, 2006, p. 2).

Tabla 5-1: Principales ventajas y desventajas del riego por goteo.

Ventajas	Desventajas
No se producen pérdidas debido a que todo el sistema está elaborado con tuberías, durante su trayecto no hay pérdidas por evaporación, infiltración.	Turnos de riego muy cortos.
Se ahorra aproximadamente el 40% de agua total en comparación a otros métodos.	Requiere de más mano de obra.
Permite la fertilización de los cultivos, cuando se proporciona el agua en dosis controladas, también es	Problemas con cultivos sensibles a malas programaciones.

posible dar nutrientes en dosis específicas y que estarán inmediatamente disponibles para la planta.

Disminución de riesgos de contraer enfermedades en los cultivos. Problemas de salinización por aplicar agua continuamente en un solo sitio.

Cuando se le proporciona agua cerca de las plantas, estas no se inundan, permitiendo la lenta infiltración del agua dejando a su paso la correcta aireación del suelo. Elevados costos de instalación.

Se pueden llegar a pequeños espacios donde el riego por aspersión y gravedad no llegarían.

Fuente: (Ramírez, 2001, p. 14-15), (Moya, 2009, p. 90)

Realizado por: Ruiz, J. 2022.

1.2.3. Programación de riego

De acuerdo a Pascual y Pascual (2020, p.19) cuando se refiere a programación de riego es necesario responder a las preguntas ¿Cuándo regar? ¿Cuánto regar? que básicamente es saber lamina de riego, frecuencias de riego y tiempos de riego. Existen algunos tipos de métodos de programación de riego donde se encuentra el método de balance hídrico y son necesarios para tener los mejores rendimientos en los cultivos.

1.2.3.1. Programación en tiempo real

Consiste en cubrir las demandas de agua del cultivo tomando los datos de evapotranspiración del cultivo del último riego, sin tomar en cuenta el almacenamiento de agua en el suelo, se debe acompañar de los datos meteorológicos donde se considera el tanque evaporímetro tipo A y el coeficiente de cultivo (K_c).

1.2.4. Riego tecnificado

El sistema de riego más común y empleado por los agricultores es de gravedad y sus derivaciones en surcos, curvas de nivel, inundación y otros, con la necesidad de incrementar rendimiento y extender la agricultura a sectores de difícil acceso motivo a las personas a desarrollar nuestras formas de irrigación, es donde parte el riego tecnificado los cuales están formados por infraestructuras hidráulicas que permiten suministrar una cantidad de agua a un área de cultivo (ConGope, 2016, p. 173).

Los métodos son el conjunto de estrategias empleadas para conseguir la máxima eficiencia y rendimiento la aplicación del agua a suelo – planta, y se lo consigue mediante la forma de distribución y aplicación. Al tener todos los factores favorables se pueden obtener los mejores rendimiento y ahorro de agua (ConGope, 2016, p. 173).

1.3. Coeficiente de cultivo (kc)

Representa las variaciones de la cantidad de agua que las plantas absorben del suelo durante sus etapas fenológicas hasta la cosecha, por lo general en cultivos anuales se identifican 4 etapas, una inicial hasta que la cobertura vegetal alcance un 10%, desarrollo desde el 10% de cobertura y durante el crecimiento de la planta, media entre la aparición de las flores y fructificación que esta entre el 80% de cobertura vegetal y por último la final o maduración que es desde la madurez hasta el momento de la cosecha. Los valores de Kc son pequeños en la etapa inicial y luego incrementan a medida que aumenta la cobertura del suelo hasta el momento de la floración para luego descender hasta la cosecha. Cada cultivo tiene valores de Kc diferentes según la época de siembra (Mendoza, 2013, p. 17).

1.3.1. Fenología

Según Alvarado et al. (2002, p. 4) “es el estudio de la secuencia temporal de eventos biológicos recurrentes, con la finalidad de interpretar las causas bióticas y abióticas de tales secuencias es decir una lectura del pulso de la vida”, están relacionadas con el clima y se agrupan generalmente en para cultivos anuales en inicial, desarrollo, intermedia y final.

1.3.2. Evapotranspiración de referencia (ET_o)

Representa una superficie de referencia como un pasto, sin restricción de agua y es independiente del suelo, desarrollo de cultivo y las prácticas de manejo, es por esto por lo que su única restricción son las condiciones meteorológicas. Como consecuente los valores de ET_o se obtienen de datos climáticos y son datos específicos de la región donde se las obtiene, es el método más eficiente por representar y abordar varios datos climáticos como velocidad del viento, evaporación, heliofanía y humedad relativa.

1.3.3. Evapotranspiración del cultivo (ET_c)

La evapotranspiración del cultivo se divide en dos tipos, una la ET_c_{ajustada} que representa la evapotranspiración del cultivo en condiciones no estándar es decir en condiciones de cultivo

adversas con presencia de plagas y enfermedades, poca fertilidad del suelo, y problemas con excesos y deficiencia de agua. El otro tipo de ETc es la representa la evapotranspiración del cultivo en condiciones estándar donde no hay presencia de enfermedades, buena fertilidad del suelo y buenas condiciones de agua y humedad. La evapotranspiración del cultivo no es más que la cantidad de agua perdida por el cultivo (Allen et al., 2006, p. 28).

Fórmula para calcular el ETc:

$$ETc = ET_0 \times Kc \quad (2)$$

Dónde:

ETc: evapotranspiración del cultivo (mm)

Kc: coeficiente de cultivo (adimensional)

1.4. Conductancia estomática

La conductancia estomática es la constante de proporcionalidad que hay entre la presión de vapor de la cavidad estomática y el exterior de los estomas, donde por un proceso de difusión hay un flujo de vapor de agua través de los estomas y la capa sub laminar adyacente de la hoja, esta gradiente de concentración es un indicador de la apertura estomática (Patishán, J. 2008, p. 24).

Dentro de los métodos usados por las plantas para afrontar la escasez de agua conllevan un conjunto de interacciones entre el agua y el carbono, las plantas cierran sus estomas para mantener el metabolismo celular, reduciendo la actividad fotosintética, existiendo un constante ajuste de la conductancia estomática para regular la entrada de CO₂ y evitar la fuga el agua durante el periodo de estrés (Dell'Amico & Morales. et al. 2017, p.2).

1.4.1. Porómetro de hoja (Meter SC-1)

El principio de funcionamiento del porómetro consiste calcular la resistencia que genera una superficie porosa a la circulación de los gases. La superficie porosa corresponde a la hoja y los gases al vapor de agua u otros gases. Existen algunas maneras dispuestas por los fabricantes para medir la conductancia estomática, que en el caso del porómetro SC-1 utiliza el método estacionario que mide la presión de vapor generada en la cámara que está en contacto con la hoja, permite lecturas rápidas al instante y confiables con la debida calibración (Petillo, M. 2008, p. 14).

1.5. Potencial hídrico

El potencial hídrico xilemático representa el nivel de energía del agua en la planta y es la fuerza que hace circular el agua dentro de la planta, se puede medir generalmente en las hojas, que durante el amanecer y atardecer presentan los valores más altos y menores al medio día, habiendo

más diferencias en los periodos de sequía. Cuando la planta tiene una menor disponibilidad de agua y la demanda de agua de la atmosfera es mayor, el potencial hídrico de las plantas es menor (López, V. 2005, p. 14).

1.5.1. Método de la bomba scholander

El sistema de la bomba scholander se basa en la aplicación de presión sobre una hoja que se coloca en el interior de una cámara para luego cerrarlo completamente excepto el peciolo que sale a través de la abertura de la cámara, se bombea progresivamente hasta que aparecen gotas o burbujas de savia en el corte. La medida de presión obtenida corresponde a potencial hídrico de la hoja en ese momento de la lectura (García, J. 2010, pp. 25-26).

1.6. Eficiencia del riego

El sistema de riego cual sea que se aplique debe asegurar el humedecimiento y correcta distribución del agua en toda el área radicular de la planta, una mala irrigación causa la disformidad en el crecimiento de las plantas y que luego se verá reflejado en el rendimiento del cultivo (Díaz, 2000, p. 67).

Para Moya (2009, p. 90) el riego tradicional manejado correctamente tiene una eficiencia del 60% al considerar las pérdidas, el riego por aspersión asegura un 70% al 80% en la uniformidad del riego debido a la alta evaporación que se genera al regar en horas de la mañana o tarde y finalmente, el riego por goteo o localizado con un correcto diseño puede tener un 90% de eficacia de riego.

1.6.1. Riego por goteo

1.6.1.1. Especificaciones técnicas de los goteros

Los goteros más usados son los que descargan de 1 a 4 Lt/h, dentro de los goteros más usados están los de laberinto y de botón, dentro de los laberínticos están los auto - compensados y no – compensados (NETAFIM, 2014, pp. 6-7).

Auto – compensados: Mantienen el mismo caudal de salida aun cuando la presión de la tubería anterior varia tiene un diafragma de silicona que se deforma según varíe la presión en la cinta, usado frecuentemente en terrenos grandes y ondulados, trabajan de 0.5 a 4 bares de presión (Liotta, 2015, p. 11).

No – compensados: No tienen el diafragma de silicona para controlar el caudal, dependen del caudal que se les proporcione, pero pueden funcionar a menos presión que el auto – compensado y son más económicos, ideales para terrenos pequeños y planos (Liotta, 2015, p. 11).

Cintas: Los goteros o emisores están distribuidos a una distancia de 20 o 60 cm según el cultivo y fabricante, trabajan a presiones de 1 kg/cm² y paredes de 0,1 a 0,2 mm de espesor (NETAFIM, 2014, p. 6-7).

1.6.1.2. Cálculo de la eficiencia

Consiste en capturar el volumen de agua y caudales de algunos goteros en el área de riego para luego aplicar la fórmula (Petillo, 2010, p. 30):

$$CU = \frac{q_{25}}{q_a} \times 100 \quad (3)$$

Dónde:

CU: coeficiente de uniformidad

q₂₅: Caudal medio recibido por el 25% de las plantas que recibieron menos caudal

q_a: Caudal medio recibido por todas las plantas.

Tabla 6-1: Interpretación de CU

Coeficiente de uniformidad	Interpretación
90% a mas	Uniformidad excelente
80% a 90%	Uniformidad buena
70% a 80%	Uniformidad regular
Menos del 70%	Uniformidad inaceptable

Fuente: (Petillo, 2010, p. 30).

1.6.2. Riego por aspersión

1.6.2.1. Especificaciones técnicas de los aspersores

Tabla 7-1: Tipo de aspersores según su presión de trabajo.

Tipo	Descripción
Aspersores de baja presión	Trabajan a presión de 1, 5 y 2 kg/cm ² y tiene un área de mojado aproximado de 10 a 14 metros, con caudales inferiores a 1 m ³ /h.
Aspersores de media presión	Necesitan al menos presiones de 2, 4 y 5 kg/cm ² , tienen un rango de acción de 10 a 16 m y trabajan a caudales de 1 a 6 m ³ /h.

Aspersores de alta presión	Se emplean con presiones alrededor de 5 y 6,5 kg/cm ² , actúan en un espacio de 16 a 20 m y caudales de 6 a 40 m ³ /h.
Cañones	Requieren una presión mayor a 7 kg/cm ² , tiene un radio de acción de 30 a 50 m y funcionan a caudales superiores a 40 m ³ /h

Fuente: (NOVAGRIC, 2016).

Realizado por: Ruiz, J. 2022.

1.6.2.2. Cálculo de la eficiencia

Es importante que el sistema de riego otorgue distribuya correctamente el agua en el área de cultivo, la uniformidad baja representa que en algunos sectores del cultivo no llega a suficiente agua por motivos de fallas en el diseño, para hacer las correcciones en el diseño se sigue el siguiente procedimiento:

1. Se coloca vasos pluviométricos o normales de unos 12 cm de diámetro y bordes finos en el suelo del área que cubren los aspersores.
2. Poner en funcionamiento el riego con los aspersores, teniendo en cuenta que entre más tiempo los vasos recogen las lluvias más precisas serán los resultados.
3. Una vez terminado de regar, se miden el volumen captado por los vasos.
4. Se hace el promedio de los volúmenes recogidos de cada vaso (V_m).
5. Se hace el promedio de los volúmenes en la cuarta parte de los vasos que han recogido menos agua (V_{25}) (Gómez, Gutiérrez y Bernal, 2010, p. 50)
6. Se utiliza la siguiente formula:

$$CU = \frac{V_{25\%}}{V_m} \times 100 \quad (3)$$

1.6.3. Riego por gravedad

1.6.3.1. Cálculo de la eficiencia

Para medir la validez del sistema de riego es necesario aplicar algunas técnicas en campo y surcos, ya que no se puede medir directamente como en otros métodos de riego, por lo que es necesario medir la escorrentía y la percolación en los surcos (Fernández et al., 2010, p. 64).

$$Ef = 100 - \text{relación de escorrentia (\%)} - \text{relación de filtración (\%)} \dots (4)$$

Relación de escorrentía: Se debe colocar aforadores en tres puntos del surco y medir el caudal de escorrentía entre ellos, luego se calcula relación de escorrentía (Fernández et al., 2010, p. 64).

$$\text{Relación de escorrentia} = \frac{\text{Volumen de escorrentía}}{\text{Volumen aplicado}} \times 100 \dots (5)$$

$$V. \text{ de escorrentia (lt)} = Q. \text{ de escorrentía} \left(\frac{\text{lt}}{\text{seg}} \right) \times T. \text{ de escorrentía (min)} \times 60 \dots (6)$$

$$V. \text{ aplicado (lt)} = \text{Caudal aplicado} \left(\frac{\text{lt}}{\text{seg}} \right) \times \text{tiempo de aplicación (min)} \times 60 \dots (7)$$

Relación de filtración: Es necesario medir la filtración del agua en el suelo para conocer si se está suministrando correctamente el agua en el sistema, para esto es necesario conocer el volumen de filtración profunda y el volumen aplicado (Fernández et al., 2010, p. 50).

$$\text{Relación de filtración} = \frac{\text{Volumen de filtración profunda}}{\text{Volumen aplicado}} \times 100 \dots (8)$$

$$V. f. profunda = V. infiltrado - V. de agua requerido \dots (9)$$

$$V. infiltrado = V. aplicado - V. de escorrentía \dots (10)$$

$$V. requerido = \text{altura requerida (mm)} \times \text{longitud de surcos(m)} \times \text{espaciamiento (m)} \dots (11)$$

1.7. Diseño agronómico

Un sistema de riego debe asegurar el correcto suministro de agua en periodos críticos de los cultivos, cuando tienen alta demanda y épocas climáticas adversas, el diseño agronómico abarca ambos requisitos del cultivo como el cálculo de láminas, frecuencias, caudales necesarios, etc. Las cuales están relacionadas con las exigencias hídricas de las plantas (Pascual y Pascual, 2020, p. 19).

1.7.1. Frecuencia de riego

Según Schulbach (1999, pp. 3-4) se calcula el número de días transcurridos entre dos riegos consecutivos y se lo puede estimar mediante:

$$FR = \frac{Ln}{ETc} \dots (12)$$

Dónde:

FR: frecuencia de riego (días)

Ln: lámina neta (mm)

ETc: evapotranspiración del cultivo (mm/día)

1.7.2. Lámina neta y bruta

La lámina neta es la cantidad de agua que está disponible para la planta en el suelo y se la calcula mediante:

$$L_n = \text{umbral} * A_u \dots (13)$$

L_n : lámina neta (mm)

Umbral: Umbral de riego

A_u : Agua útil o lamina total de agua disponible por las plantas en las raíces

Los valores de umbral representan la sensibilidad del cultivo al estrés hídrico y dependen del cultivo, para el caso de flores y hortalizas los valores están entre el 0,3 y 0,4, y para cultivos menos sensibles se puede asumir el 0,5 (León, 2012, pp. 49-50).

La lámina bruta de riego es la cantidad de agua que aplicaremos al cultivo y se resuelve mediante:

$$L_b = \frac{ET_c \times FR}{E_f} \dots (14)$$

Dónde:

L_b : lámina bruta de riego (mm)

FR: frecuencia de riego

ET_c : evapotranspiración del cultivo (mm/día)

E_f : eficiencia de aplicación del agua (%) (León, 2012, pp. 49-50).

1.7.3. Volumen de riego

En áreas pequeñas se suele primero calcular el volumen de agua disponible y luego la superficie de riego, cuando las áreas son mayores a la hectárea se hace lo contrario por lo que es necesario aplicar técnicas y fórmulas para estimar el volumen de riego (Chow, 2012, p. 3).

$$V = L_b * \text{área} \dots (15)$$

Dónde:

V: volumen de riego

L_b : lámina bruta

1.8. Diseño hidráulico

Los primero que se debe realizar en la implementación de un sistema de riego es el diseño agronómico, donde se determinan las necesidades de agua en el cultivo y luego se ejecuta el diseño hidráulico que consiste en especificar los diámetros de tubería tanto de las principales y secundarias, las presiones que se requieren y otros (Martinez, 2014, pp. 60-61).

1.8.1. Cálculo de los laterales

Son las tuberías que reparten el agua a las plantas desde sus emisores instalados en ellos, se aplica el factor de Christiansen, y en cuyas tuberías se admiten una variación del 10% del caudal medio de la red principal (Intriago y Sacón, 2012, pp. 42-44).

1.8.2. Dimensiones del lateral

Generalmente se usan tuberías de PVC, enterrados a 0,6 y 0,8 m en el suelo, se debe determinar el largo de las tuberías determinados por los fabricantes y el diseño del sistema de riego, se toma en cuenta que por cada 100 metros se pierde 1,53 metros columna de agua. El caudal determinado por las empresas viene en galones por minuto, donde especifican el diámetro de la tubería, la pérdida de carga y la velocidad permitida (Peralta y Simpfendorfer, 2001, p. 41).

1.8.3. Velocidad máxima permisible

La cuando la velocidad de por la que circula el agua supera los 2 m/seg existe el riesgo de golpe de ariete y aumentan la pérdida de carga, disminuyendo la presión del agua, y en caso de que la velocidad disminuya de 1 m/seg, hay pérdida de presión y algunas partículas disueltas en el agua pueden llegar a sedimentarse (Peralta y Simpfendorfer, 2001, p. 42).

1.8.4. Caudal de la tubería principal

Dependiendo del número de líneas de riego y el caudal de cada una se sumarán todos los caudales, para compensar el caudal de la red principal (Intriago y Sacón, 2012, p. 43).

1.8.5. Pérdida de carga

Cuando los fluidos se encuentran circulando pierden energía según las dimensiones de la sección y las posibles obstrucciones, en el caso del fluido en una tubería la pérdida de carga es la baja en la presión del agua o fluido. Además de las pérdidas de carga en tuberías, hay también la pérdida de carga en los accesorios como codos, llaves, uniones, etc. Es importante considerar este dato para el correcto funcionamiento de los emisores que luego suministrarán agua al cultivo (Gijón, 2008, pp. 2-3).

1.9. Lisímetro de drenaje

Los lisímetros de drenaje son estructuras llenadas de suelo común y removido de otros sectores generalmente de 1 m², donde se desarrollan los cultivos hechos con el fin de medir el balance de agua, se puede obtener datos de evapotranspiración con exactitud en determinados momentos restando los valores drenados en el fondo de los lisímetros. Es importante que la vegetación del lisímetro este en las mismas condiciones que el cultivo en el campo (Allen et al., 2006, p. 28).

1.10. Huella hídrica

La huella hídrica es un indicador que estima el volumen de agua dulce consumida en un determinado objeto o producto en un lugar en específico y se puede clasificar en colores como verde, azul y gris (Rendón, 2015, p. 35); es útil para analizar los recursos hídricos, la disponibilidad y el uso del agua, puede ayudar a calmar los escases de agua en estudios de ahorro del recurso en sectores áridos y de poca disponibilidad de agua, pero también expone la dependencia del agua en la fabricación de bienes o servicios (Becerra et al., 2013, p. 2-3).

1.10.1. Huella hídrica azul

Es la cantidad de agua superficial y subterráneo evaporado, incorporado al producto o devuelto a otra cuenca o al mar, como resultado de la fabricación de un bien o servicio. También forma parte los cuerpos de agua extraídos superficial o subterráneo que no son devueltos a sus afluentes (Amórtegui, García y García, 2016, pp. 87-88).

1.10.2. Huella hídrica verde

Representa la humedad del suelo que sostiene la vegetación en seco y que se mantiene en el suelo, no es fuente de recarga de afluentes, se incluye también el volumen de agua evaporado o agregado para la producción de un bien o servicio. Representa la evapotranspiración del agua de lluvia total (Zárate, Fernández y Kuiper, 2017, pp. 10-11).

1.11. Cultivo de arveja

1.11.1. Importancia

El cultivo de arveja es uno de los más importantes en la región sierra específicamente en las provincias de Cañar, Azuay y Loja donde están las mayores superficies en producción, al año se

cosechan aproximadamente 5000 ha en grano seco y vaina verde. Dentro de la superficie cultivada en el país un 25% tiene bajos rendimientos o se llega a perder por condiciones climáticas desfavorables, plagas y enfermedades. Desafortunadamente los rendimientos por hectárea no son los adecuados debido a que un 90% de la superficie cultivada se la realiza con semilla nativa y un 6% con semilla mejorada, además el 27,9 % de los agricultores cuentan con sistemas de riego y el 25.3% hacen aplicaciones de fertilizantes obteniendo de esa forma rendimientos entre los 256 kg/ha de grano seco y 882 kg/ha en vaina verde (Minchala y Guaman, 2004, p. 2-3).

1.11.2. Taxonomía

Tabla 8-1: Clasificación taxonómica

Reino	Vegetal
Tipo	Fanerógama
División	Magnolióphyta
Clase	Angiosperma
Subclase	Dicotiledónea
Orden	Leguminosales
Familia	Leguminosa
Subfamilia	Papilionaceas
Tribu	Viceas
Género	Pisum
Especie	Sativum
Nombre común	Arveja
Nombre científico	<i>Pisum sativum</i>

Fuente: Vanegas, 2011, p. 6-7.

1.11.3. Descripción botánica

Es una planta anual, herbácea, rastrera y trepadora. Tiene una raíz pivotante con presencia de nódulos nitrificantes. Tallo circular, estirado con crecimiento determinado o indeterminado según la variedad. Las hojas tienen un par de folíolos de longitud variable y con zarcillos para adherirse a tutores. Las flores son individuales o en forma de racimos axilares en las hojas. El fruto es una legumbre con 6 a 10 semillas por vaina según la variedad (Delgado, 2014, pp. 26-27).

1.11.4. Fenología de la arveja

1.11.4.1. Fases fenológicas

Es el periodo donde aparecen y se transforman los órganos de la planta y en el caso de la arveja tiene un ciclo de cultivo de 100 a 150 días según la variedad (Castro, 2017, pp. 24-25).

Tabla 9-1: Fases fenológicas de la arveja.

Fases fenológicas	Descripción
Germinación y emergencia	La germinación comienza desde la puesta de la semilla en el suelo, comienza a dar origen a la radícula y esta empieza desde el 3 o 4 día (Castro, 2017), y luego emerge con la aparición de la primera hoja en la superficie del suelo y dura aproximadamente de 10 a 15 días.
Desarrollo vegetativo	Luego de la emergencia la planta continúa desarrollando el tallo, entrenudos y hojas, terminando cuando la planta ya ha formado el primer y tercer nudo floral. Los nudos reproductivos tienen 3 pares de folíolos y 4 zarcillos terminales, tiene una duración de 40 a 50 días.
Floración	Empieza desde la apertura de las primeras flores en el 50% de la superficie cultivada y tiene una duración de 40 a 45 días en variedades tradicionales.
Fructificación	La fecundación de las flores dura entre 2 a 3 días desde la apertura de la flor (Castro, 2017: p. 24) y luego tiene una duración de 8 a 10 días hasta que comienzan a caer los pétalos dejando a la vaina. La fase comienza 125 después de la siembra y tiene una duración de 25 días aproximadamente.
Maduración tierna	Las cavidades de las vainas se comienzan a llenar rápidamente luego de la fructificación y llegan a tener un 75% de humedad aproximadamente y tiene una duración aproximada de 20 días.
Maduración seca	Esta etapa tiene una duración aproximadamente de 30 días luego de la maduración en tierno o 160 a 180 días después de la siembra y alcanzan un 13 a 14% de humedad

Fuente: (Yzarra y López, 2011, p. 15), (Noboa, 2010, p. 18).

Realizado por: Ruiz, J.2022.

1.11.5. Manejo de cultivo

1.11.5.1. Preparación del suelo

La arveja requiere suelos con buena fertilidad y sueltos, por lo que se requiere que el arado sea lo más profundo posible y rastra para dejar el suelo en buenas condiciones para la siembra y fertilización. Se siembra en surcos a una profundidad de 5 cm aproximadamente y se lo siembra en hileras y plantas a 20 o 25 cm (Freire, 2019, pp. 19-20).

1.11.5.2. Desinfección de la semilla

Se recubren las semillas con una mezcla de fungicidas a base de metalaxil y fludioxonil o mezcla de insecticidas con fungicidas como: piretroides, diazinon, captan, benlate, arazán. En dosis de 2-3 g/kg de semilla (Basantes, 2015, p. 24).

1.11.5.3. Control de malezas

No requiere mucho cuidado de malezas, se pueden hacer 2 o 3 controles manuales y rascadillo o mecánicos y en caso de suelos con alta intensidad de malezas se realizan controles químicos, ocho días antes de realizar las labores de siembra se recomienda aplicar glifosato a 2 lt/ha, tres días máximo después de la siembra se recomienda aplicar metribuzina sobre suelo húmedo y propanil en postemergencia (Basantes, 2015, p. 25).

1.11.5.4. Fertilización

La arveja se adapta a diferentes tipos de suelos desde los francos arenosos hasta franco arcillosos dependiendo del pH que no debe variar de 5,5 y 6.5. la fertilización debe ir basada en los análisis de suelo y agua del sector de siembra como también de la extracción de nutrientes (DANE, 2015, p. 5).

Tabla 10-1: Extracción de nutrientes en kg/ha.

Elemento	Kg/ha
N	125
P	30
K	75
Mg	20
S	20
Ca	50
Zn	0,43
B	0,32
Cu	0,25

Fuente: Pinzón, Algarra y Jaraba, 2007, p. 2.

1.11.5.5. Manejo de plagas del cultivo de arveja

Para la aplicación de insecticidas químicos es necesario reconocer los vectores e insectos que causan el daño y que sus poblaciones se encuentren alcanzando el umbral económico (Minchala y Guaman, 2004, p. 8).

Tabla 11-1: Plagas más comunes y su control químico

Plagas	Insecticida		Dosis en 200 lt de agua	Época de aplicación
	Ingrediente activo	Nombre comercial		
Trozadores (<i>Agrotis sp</i>)	Carbaryl	Sevin	500 g	En la base del tallo en plántula.
Pulgonos, Áfidos (<i>Macrosiphum pisi</i>)	Clorpirifos	Lorsban	300 cm ³	En presencia del insecto.
	Diazinon	Basudin	300 cm ³	
Barrenador del tallo (<i>Melanogromyza sp</i>)	Clorpirifos	Lorsban	300 cm ³	Antes de la floración o con el 10% de plantas afectadas.

Fuente: Minchala y Guaman, 2004, p. 3.

1.11.5.6. Manejo de enfermedades en el cultivo de arveja

No se han registrado variedades de arveja con resistencia vertical a determinadas enfermedades, sin embargo, algunas de las variedades mejoradas comerciales como quantum, Iniap y sus variedades, ya cuentan con tolerancia a ciertas enfermedades (Segarra y Serpa, 2005, p. 45). Para el manejo eficiente de enfermedades se emplean productos químicos como:

Tabla 12-1: Enfermedades más comunes y su control químico

Enfermedades	Fungicidas		Dosis en 200 lt de agua	Época de aplicación
	Ingrediente activo	Nombre comercial		
Ascoquita (<i>Ascochyta pisi</i>)	Hexaconazol	Anvil	200 cm ³	Luego de la aparición de la mancha anillada
Antracnosis (<i>Colletotrichum pisi</i>)	Carbendazin	Bavistin	200 cm ³	Cuando se presenta un 10% de infección
Alternaria (<i>Alternaria spp</i>)	Clorotalonil	Daconil	250 g	En presencia de manchas
Oidio (<i>Erysiphe poligoni</i>)	Azufre	Sulfolac	500 cm ³	En presencia de la cenicilla en las hojas y tallos.
	Penconazol	Topas	100 cm ³	

Fuente: Segarra y Serpa, 2005, p. 46.

1.11.5.7. Cosecha

Se pueden realizar 2 o 3 cosechas según el estado de desarrollo del cultivo de forma manual cuando las vainas estén verdes y rellenas, en seco se cosecha cuando las vainas estén completamente secas arrancando las plantas para luego someter a la trilladora o desgrane manual, la humedad ideal es del 13% (Basantes, 2015, p. 25).

1.11.6. Requerimientos edafoclimáticos

Se desarrollan en cultivos fríos y de preferencia en climas frescos, se encuentran a una altitud de 3300 msnm, necesitan una precipitación media anual de 500 a 1000 mm durante el desarrollo del cultivo, la temperatura optima es de 14°C a 16°C siendo sensibles a heladas (Anchivilca, 2018). Se adaptan a suelos franco-arcillosos y franco-arenosos sin mucha varían entre el pH de 5,5 a 6,5 ya que son sensibles a suelos muy salinos con presencia de sodio (Cuasapaz, 2015, pp. 20-21).

1.11.7. Requerimientos hídricos

El requerimiento hídrico del cultivo de arveja se encuentra alrededor de los 250 y 380 mm de agua bien distribuidos en el ciclo de cultivo y con mayor intensidad en desarrollo y floración (Checa, Bastidas y Narváez, 2017, pp. 1-2).

CAPÍTULO II

2. MARCO METODOLOGICO

2.1. Características del área experimental

2.1.1. Localización

La investigación se llevó a cabo en la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, estación experimental Tunshi en el centro experimental del riego (CER).

2.1.2. Ubicación geográfica

Altitud: 2821 m.s.n.m

Latitud: 1°39'18,82''S

Longitud: 78°40'39.99''

Fuente: Salazar, 2020: p.31

2.1.3. Condiciones climáticas

Precipitaciones: 350 mm/año

Temperatura: 13.5 °C

Humedad relativa: 66.4%

Fuente: Salazar, 2020: p.31

2.1.4. Clasificación ecológica

Según Holdrige (1982) citado por Salazar (2020, p. 31), el sector se encuentra en el rango de estepa espinosa Montano Bajo (ee-MB).

2.1.5. Especificaciones del ensayo

2.1.5.1. Parcela experimental

Número de tratamientos: 4

Número de repeticiones: 3

Número de unidades experimentales: 12

2.1.5.2. Unidad experimental

Ancho de la parcela: 35 m

Largo de la parcela: 38 m

Distancia entre parcelas: 1 m

Área de la parcela: 1330 m²

Área de unidades experimentales: 133 m²

Distancia de siembra:

Entre plantas: 30 cm

Entre hileras: 50 cm

Semillas por golpe: 3

Número de plantas por tratamientos: 26600

Número de plantas por unidad experimental: 10

2.1.6. Diseño experimental

2.1.6.1. Características del diseño

Se utilizó un diseño completo al azar (DCA) con 4 tratamientos y 3 repeticiones.

2.1.6.2. Esquema del análisis de varianza

Tabla 1-2: Análisis de varianza

Fuente de variación	DCA	GI
Tratamientos	T-1	3
Error	T(N-1)	8
Total	TN-1	11

Fuente: Ruiz, 2022

2.1.6.3. Análisis funcional

Cuando las diferencias estadísticas sean significativas se aplicará Tukey al 5%, se realizará comparaciones ortogonales entre tratamientos.

2.1.6.4. Análisis económico

Se realizó el análisis económico mediante la relación beneficio/costo de los tratamientos.

2.2. Equipos y materiales

2.2.1. *Material biológico*

Se utilizó la semilla de arveja (*Pisum sativum*L) variedad Quantum.

2.2.2. *Materiales de campo y equipos de laboratorio*

Sistema de riego por goteo, sistema de riego por aspersión, sistema de riego por gravedad, lisímetros de drenaje, estación meteorológica, balanza electrónica, calibrador manual, tensiómetros de 15 cm de profundidad, barreno, flexómetro, cajas metálicas, estufa, probeta, balde con medida de 20 L, rótulos para cada unidad experimental, fertilizantes, insecticidas, fungicidas, herbicidas, penetrómetro, porómetro, bomba scholander, estacas, piolas, azadones, carretillas, bombas de motor, tractor, libreta de campo.

2.2.3. *Materiales de oficina*

Lápiz, borrador, esferos, libreta, computadora, hojas papel bond, regla.

2.3. Métodos

2.3.1. *Eficiencia de riego*

La eficiencia de cada método se lo realizara 3 veces durante el ciclo de cultivo considerando las siguientes técnicas.

2.3.1.1. *Eficiencia de riego en gravedad*

Se aplicara la formula descrita por Fernández et al. (2010, p. 64), donde emplea la relación de escorrentía y filtración.



Figura 1-2. Eficiencia de riego por gravedad.

Fuente: Fernández et al., 2010, p. 64.

Se realizaron 3 prácticas de eficiencia de las etapas fenológicas de inicio, desarrollo e intermedia, donde se realizó la toma de datos en campo detallados en la siguiente tabla:

Tabla 2-2: Registro de datos para gravedad.

Datos	
Caudal al inicio del surco	18.2 L/min
Tiempo de riego	17 min
Caudal de escorrentía	16.8 L/min
Tiempo de escorrentía	4 min
Profundidad de infiltración	17 mm
Longitud del surco	35 m
Ancho del surco	0.3 m

Realizado por: Ruiz, J. 2022.

Donde se aplicaron las diferentes ecuaciones:

Eficiencia de riego por gravedad = 100 – relación de escorrentía – relación de filtración

$$(4) \dots \text{Eficiencia de riego por gravedad} = 100\% - 21.7\% - 20.59\%$$

$$\text{Eficiencia de riego por gravedad} = 57.7 \%$$

Dónde:

$$(5) \dots \text{Relación de escorrentía} = \frac{\text{Volumen de escorrentía}}{\text{Volumen aplicado}} \times 100$$

$$\text{Relación de escorrentía} = \frac{67.2 \text{ L}}{309.4 \text{ L}} \times 100$$

$$\text{Relación de escorrentía} = 21.7 \%$$

$$(6) \dots V. \text{ de escorrentía (lt)} = Q. \text{ de escorrentía} \left(\frac{\text{lt}}{\text{seg}} \right) \times T. \text{ de escorrentía (min)} \times 60$$

$$V. \text{ de escorrentia (lt)} = 16.8 \text{ L/min} \times 4 \text{ min}$$

$$V. \text{ de escorrentia} = \mathbf{67.2 \text{ L}}$$

$$(7) \dots V. \text{ aplicado (lt)} = \text{Caudal aplicado} \left(\frac{\text{lt}}{\text{seg}} \right) \times \text{tiempo de aplicación (min)} \times 60$$

$$V. \text{ aplicado (lt)} = 18.2 \text{ L/min} \times 17 \text{ min}$$

$$V. \text{ aplicado (lt)} = \mathbf{309.4 \text{ L}}$$

$$(8) \dots \text{Relación de filtración} = \frac{\text{Volumen de filtración profunda}}{\text{Volumen aplicado}} \times 100$$

$$\text{Relación de filtración} = \frac{63.7 \text{ L}}{309.4 \text{ L}} \times 100$$

$$\text{Relación de filtración} = \mathbf{20.59 \%}$$

$$(9) \dots V. \text{ f. profunda} = V. \text{ infiltrado} - V. \text{ de agua requerido}$$

$$V. \text{ f. profunda} = 242.2 \text{ L} - 178.5 \text{ L}$$

$$V. \text{ f. profunda} = \mathbf{63.7 \text{ L}}$$

$$(10) \dots V. \text{ infiltrado} = V. \text{ aplicado} - V. \text{ de escorrentía}$$

$$V. \text{ infiltrado} = 309.4 \text{ L} - 67.2 \text{ L}$$

$$V. \text{ infiltrado} = \mathbf{242.2 \text{ L}}$$

$$(11) \dots V. \text{ requerido} = \text{altura requerida (mm)} \times \text{longitud de surcos (m)} \times \text{espaciamiento (m)}$$

$$V. \text{ requerido} = 17 \text{ mm} \times 35 \text{ m} \times 0.3 \text{ m}$$

$$V. \text{ requerido} = \mathbf{178.5 \text{ L}}$$



Figura 2-2. Aforo y largo del surco.

Realizado por: Ruiz, J. 2022.

2.3.1.2. Eficiencia de riego en aspersión

Para determinar el coeficiente de uniformidad se empleó la metodología descrita por (León, 2012, p. 50), donde se colocaron vasos pluviométricos en forma de malla a 2 x 2 metros de distancia en todo el tratamiento de aspersión para captar un volumen de agua, donde la diferencia entre los volúmenes captados representara la eficiencia de aplicación. Se partió con los siguientes datos obtenidos en campo:

Tabla 3-2: Registro de datos para aspersión.

Datos	
Lamina de riego	6.22 mm
Tiempo de riego	159 min
Presión en cabezal	44 psi
Presión en aspersor	43 psi
Velocidad del viento	3.6 m/s
Caudal del aspersor	4.25 L/min
Altura del aspersor	88.5 cm

Realizado por: Ruiz, J.2022.

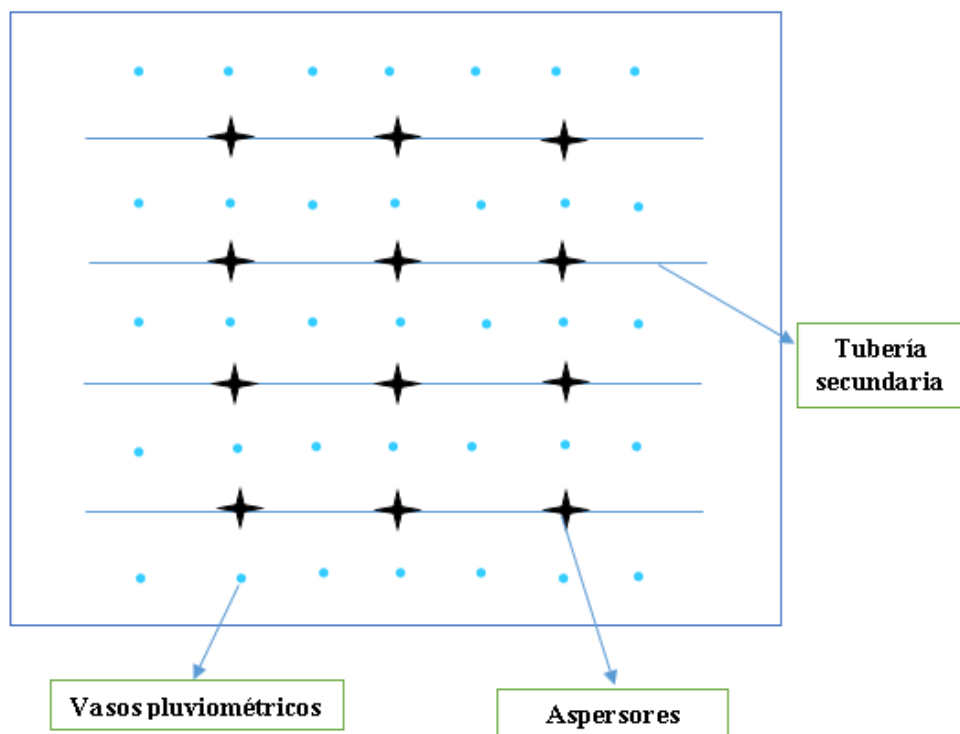


Figura 3-2. Esquema de eficiencia de riego en aspersión.

Realizado por: Ruiz, J. 2022.

Luego de aplicar el riego según su programación, se procedió a recolectar el volumen captado en cada vaso para organizarlos de la siguiente manera:

Tabla 4-2: Volúmenes medidos en cada vaso pluviométrico de aspersión.

DATOS												
	ml	ml	ml	ml	ml	ml	ml	ml	ml	ml	ml	ml
a	18	19	25	20	28	26	28	24	30	28	25	30
b	25	20	26	25	15	24	27	26	18	29	27	28
c	20	22	20	26	26	23	20	20	25	24	20	26
d	22	21	23	19	23	25	24	28	26	23	23	25

Realizado por: Ruiz, J.2022.

Se promedian los valores señalados que corresponden al 25% del total de vasos con el menor volumen y luego promedian el total de los vasos para aplicar la formula:

$$(3) \dots \text{Coeficiente de uniformidad} = \frac{\text{Volumen medio recibido del 25\% de vasos con menor volumen}}{\text{Volumen medio del total de vasos}} \times 100$$

$$\text{Coeficiente de uniformidad} = \frac{19 \text{ ml}}{23.85 \text{ ml}} \times 100$$

$$\text{Coeficiente de uniformidad} = 79.65 \%$$

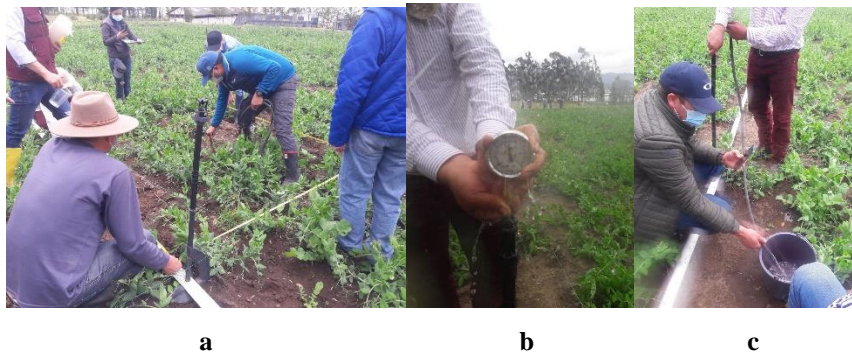


Figura 4-2. a) Ubicación de vasos, b) Presión de salida, c) Aforo.

Realizado por: Ruiz, J. 2022.

2.3.1.3. Eficiencia de riego en goteo

Medimos el coeficiente de uniformidad en los goteros, por lo cual se realiza el siguiente procedimiento descrito por (León, 2012, p.55)

Se escogen 3 cintas de riego al azar.

Dejar un borde de 5 metros en el inicio de la cinta y 5 metros al final de la cinta.

Colocar 15 vasos pequeños separados en 3 grupos.

Los grupos se los separa a 2 metros de distancia y entre vasos 30 cm.

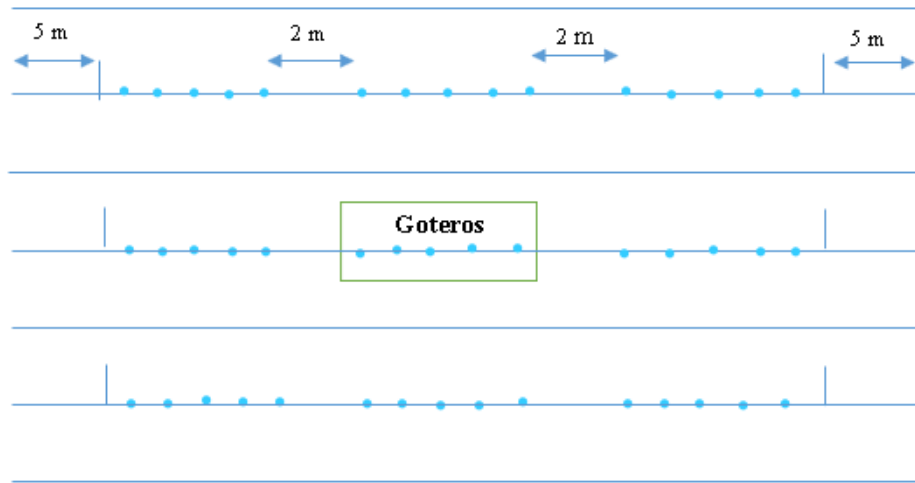


Figura 5-2. Esquema para eficiencia de riego en goteo.

Realizado por: Ruiz, J. 2022.

Antes de poner en marcha el riego se consideraron los siguientes datos:

Tabla 5-2: Registro de datos para goteo

Datos	
Lamina de riego	3.31 mm
Tiempo de riego	19.5 min
Presión al inicio de la cinta	26 psi
Presión al final de la cinta	26 psi
Caudal del goteo	0.026 L/min
Distancia entre goteros	30 cm

Realizado por: Ruiz, J. 2022.

Luego de aplicar el riego según su programación, se mide el volumen captado en cada vaso y se los registro en la siguiente tabla:

Tabla 6-2: Volúmenes almacenado en cada vaso pluviométrico de goteo.

VASOS	LINEA1	LINEA 2	LINEA 3
	ml	ml	ml
1	142	130	130
2	138	128	134
3	144	128	140
4	146	130	134
5	140	132	132

1	140	138	150
2	142	138	130
3	134	140	140
4	142	132	132
5	144	130	134
1	128	148	128
2	144	146	126
3	140	146	140
4	142	142	136
5	148	150	134

Realizado por: Ruiz, J. 2022.

Se promedian los valores señalados que corresponden al 25 % de los vasos con menor volumen y luego se promedia el total de vasos para aplicar la formula:

$$\text{Coeficiente de uniformidad} = \frac{\text{Volumen medio recibido del 25\% de vasos con menor volumen}}{\text{Volumen medio del total de vasos}} \times 100$$

$$\text{Coeficiente de uniformidad} = \frac{129.33 \text{ ml}}{137.6 \text{ ml}} \times 100$$

(3) ... Coeficiente de uniformidad = **93.9 %**

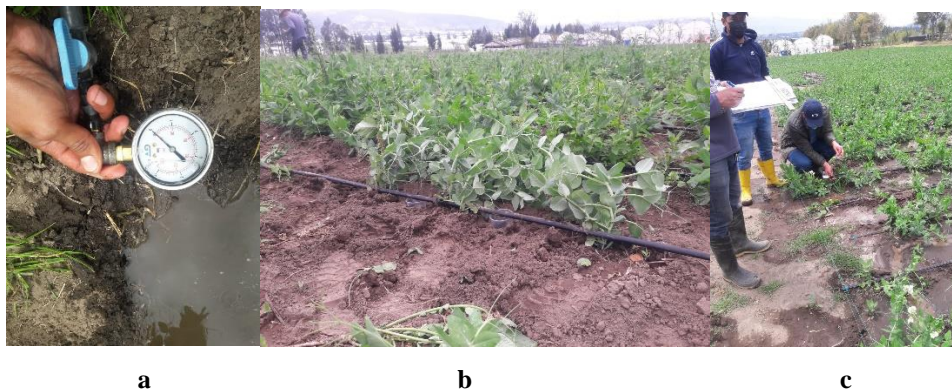


Figura 6-2. a) Presión de entrada, b) ubicación de vasos, c) Presión de salida.

Realizado por: Ruiz, J. 2022.

2.3.2. Ajuste del coeficiente de cultivo

2.3.2.1. Calibración de los lisímetros de drenaje

Los lisímetros de drenaje constan de 3 repeticiones para determinar la evapotranspiración del cultivo (Etc) y un lisímetro adicional para determinar evapotranspiración de referencia (Eto), cada uno con dimensiones de 2,49 m de largo y 1,97 de ancho, consta de 4 capas donde las 3 primeras de 20 cm, cada una rellena de suelo y 50 cm al fondo compuesta por canto rodado para facilitar el drenaje.

Las 3 primeras capas simulan las condiciones edáficas de un suelo sin disturbar como la fertilidad, compactación, aireación, textura, etc.

Con el objetivo de obtener las condiciones de aireación y compactación adecuadas en los lisímetros, se procedió a medir la compactación de en diferentes zonas de cada tratamiento al azar con la ayuda del penetrómetro teniendo una media de 520 Newton y se procedió a compactar con esta misma medida cada lisímetro.

Para conocer el volumen de agua a aplicar en cada lisímetro en el primer riego se aplicó la formula desarrollada por (Salazar, 2020, p. 96).

$$VCC = \frac{CC - CAS}{100} \times Z \times \frac{Dap}{pw} \times AL \dots (16)$$

Dónde:

VCC: volumen a capacidad de campo (m³)

CC: Valor de capacidad de campo (%)

CAS: Contenido de agua en el suelo (%)

Z: Profundidad de capa (m)

Dap: Densidad aparente de la capa del suelo (gr/cm³)

pw: densidad del agua (gr/cm³)

AL: área del lisímetro (m²)

A cada valor obtenido se le adiciona el 25% o 50% adicional para provocar drenaje.

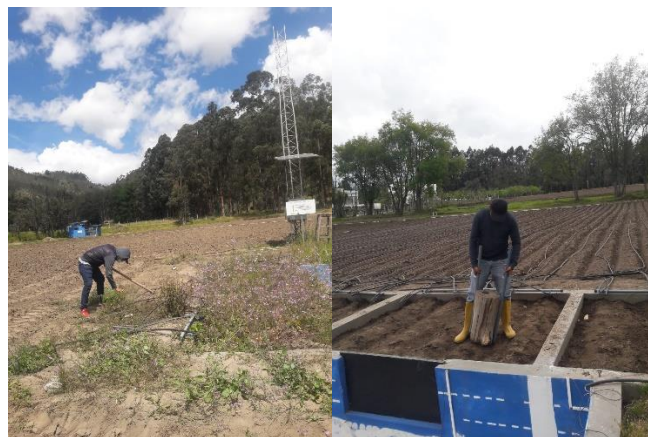


Figura 7-2. Mantenimiento de los lisímetros y compactación del suelo

Realizado por: Ruiz, J. 2022.

2.3.2.2. Contenido de humedad del suelo (%)

Mediante el método gravimétrico mencionado por (León, 2012, p. 48), se recolectan muestras de suelo a los 30 cm de profundidad, se obtienen pesos de la muestra húmeda y se procede a meter en la estufa a una temperatura de 105°C por 24 horas para luego aplicar la fórmula:

$$\%H = \frac{PSH - PSS}{PSS} \times 100 \dots (1)$$

Dónde:

%H: porcentaje de humedad

PSH: peso del suelo húmedo

PSS: peso del suelo seco



Figura 8-2. Porcentaje de humedad

Realizado por: Ruiz, J. 2022.

2.3.2.3. Método de los tensiómetros

Con la finalidad de reconocer las frecuencias de riego en cada uno de los métodos de riego, se calibra los tensiómetros a 15 cm de profundidad en cada tratamiento, tomando lecturas cada día a las primeras horas de la mañana.

Mediante el método gravimétrico se obtienen valores de contenido de humedad relacionando de esta manera se obtiene que 11 centibares equivale a 24.6 % de humedad en el suelo y 31 centibares equivalen a 13% de humedad en el suelo.

2.3.2.4. Manejo de los lisímetros de drenaje

Una vez adecuados los lisímetros de drenaje se proceden a aplicar la metodología para determinar la Etc y Eto mencionada por (Salazar, 2020, p. 97).

$$Eto \text{ ó } Etc = \frac{\text{agua agregada por riego o precipitaciones} - \text{agua drenada en el periodo de analisis}}{\text{Numero de días que hay de un riego a otro}} \dots (17)$$

El coeficiente de cultivo se obtendrá mediante la ecuación descrita por (León, 2012: p.48):

$$Kc = \frac{Etc}{Eto} \dots (18)$$

Dónde:

Kc = coeficiente de cultivo

Etc = Evapotranspiración del cultivo (mm/día)

Eto = Evapotranspiración de referencia (mm/día)

2.3.3. Duración e identificación de cada etapa fenológica en el cultivo de arveja (*Pisum sativum* L.) var. *Quantum*.

Tabla 7-2. Identificación de etapas fenológicas en arveja

Etapas fenológicas	Descripción
Etapas inicial	Según la codificación originada por la BASF, BAYER, NOVARTIS Y HOECHST (BBCH) para arveja la etapa comienza desde la siembra con BBCH 00, hasta que las plantas obtengan 9 hojas con estipulas desplegadas con codificación BBCH 19 con alrededor del 30% del total de plantas.
Etapas de desarrollo o vegetativa	La etapa está comprendida desde la codificación BBCH 30, con el alargamiento del tallo y desarrollo de hojas, se detiene cuando la planta tiene 9 o más entrenudos visibles en el 30% del total de plantas con codificación BBCH 50.
Etapas intermedia o floración	Comienza con el apareamiento de los botones florales cerrados visibles fuera de las hojas con codificación BBCH 51 y termina cuando del total de plantas en floración un 30% deja caer la flor dejando a la vaina solitaria, con codificación BBCH 69.

Etapa final (cosecha en vaina verde)	Etapa dispuesta desde la formación del fruto, con codificación BBCH 71 y termina cuando las vainas alcanzan su tamaño típico de madurez verde y están completamente formadas en un 30% del total de plantas, con codificación BBCH 79.
---	--

Fuente: Meier et al., 1998, p. 107.

2.4. Variables agronómicas y métodos de evaluación

Para la toma de datos biométricos se seleccionó una parcela neta sin considerar los bordes en cada tratamiento y se lo dividió en tres repeticiones, dando parcelas de 133 m², en cada una se seleccionaron 10 plantas al azar luego de que el 70% de la semilla sembrada germino en todo el tratamiento, se colocaron pequeños letreros en cada planta para su identificación y se señaló con marcador permanente el punto donde se registran los datos.

2.4.1. *Altura de la planta*

Se efectuó con la ayuda de una cinta métrica en cm cada 20 días, desde la siembra hasta el momento de la cosecha, considerando 5 cm desde el suelo al tallo hasta la yema terminal.



Figura 9-2. Altura de la planta.

Realizado por: Ruiz, J. 2022.

2.4.2. *Numero de hojas por planta*

Con las plantas muestras seleccionadas, contabilizando desde la emergencia cada 20 días hasta el momento de la cosecha.

2.4.3. *Diámetro del tallo*

Con la ayuda de un calibrador se tomaron las medidas de las plantas seleccionadas a una altura de 5 cm del suelo, cada 20 días durante el ciclo de cultivo.



Figura 10-2. Diámetro del tallo.

Realizado por: Ruiz, J. 2022.

2.4.4. *Conductancia estomática antes y después del riego*

Se realizó cada 20 días desde la siembra hasta el momento de la cosecha, utilizando un porómetro SC-1 con unidades de $\text{mmol/m}^2\text{s}$, seleccionando tres plantas al azar de las 10 escogidas por repetición antes y después de efectuar el riego por tratamientos a las 10 am y 3 pm y en días de preferencia despejados sin presencia de lluvia. Se aplicó el siguiente procedimiento:

1. Se observa que el desecante de la cámara de difusión este con una coloración azul para mantenerlo o rosado si hay que retirarlo.
2. Se enciende el porómetro y nos dirigimos a la opción de calibración en el menú de opciones.
3. Se agita la cámara de arriba hacia abajo con el fin de que el desecante reduzca la humedad relativa menor al 10% y se lo repite unas 10 veces hasta que la humedad relativa no supere el 10%.
4. Luego de realizar la calibración se regresa al menú principal y se coloca el papel filtro en la abertura de la cámara para no alterar la humedad relativa.
5. Antes de la lectura se agita la cámara para reducir alguna alteración en la humedad relativa, hasta que el porómetro indique que podemos colocar en la hoja.
6. Según la metodología desarrollada en el centro experimental del riego, se selecciona una hoja del tercio medio de la planta en buenas condiciones y se toma la lectura en el centro de la hoja evitando las nervaduras en el envés.
7. La lectura no dura más de 30 segundos, se registran los datos y se coloca el papel filtro.

- Se repite el procedimiento desde el numeral 5 al 7 en cada lectura de las plantas seleccionadas.

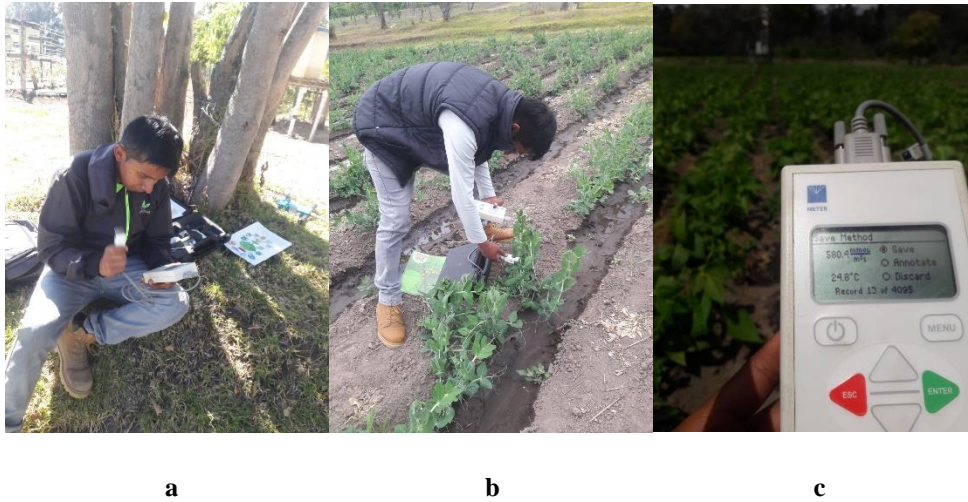


Figura 11-2. a) Calibración, b) Lectura de conductancia estomática, c) Dato.

Realizado por: Ruiz, J. 2022.

2.4.5. Potencial hídrico antes y después del riego

Para la determinación del potencial hídrico se utilizó la bomba scholander que registra datos en bares, las mediciones se realizaron cada 20 días desde la siembra hasta la cosecha en verde al igual que la conductancia estomática, los datos de los registraron antes del riego a las 9 am y después del riego a las 4 pm según la programación de riego en un día soleado y despejado. Según la metodología desarrollada en el CER desarrollada a continuación:

- Se escoge una hoja del tercio medio de la planta en buenas condiciones con la ayuda de una navaja para realizar un corte uniforme.
- En una bolsa de aluminio se coloca la hoja dejando unos 5 cm el peciolo fuera, para luego cerrar la bolsa lo más posible sin dañar el cuello de la hoja
- Se introduce la bolsa con la hoja en la cámara de la bomba scholander, introduciendo el peciolo en la tapa y ajustándola sin dañar su forma.
- Se coloca la lupa con vista al peciolo.
- Se bombea hasta observar por la lupa que en el corte se generan burbujas de agua.
- Se registran los datos de obtenidos y se presiona el botón para liberar la presión del aire comprimido en la cámara y retirar la tapa.
- Se repite el procedimiento por cada planta u hoja escogida.

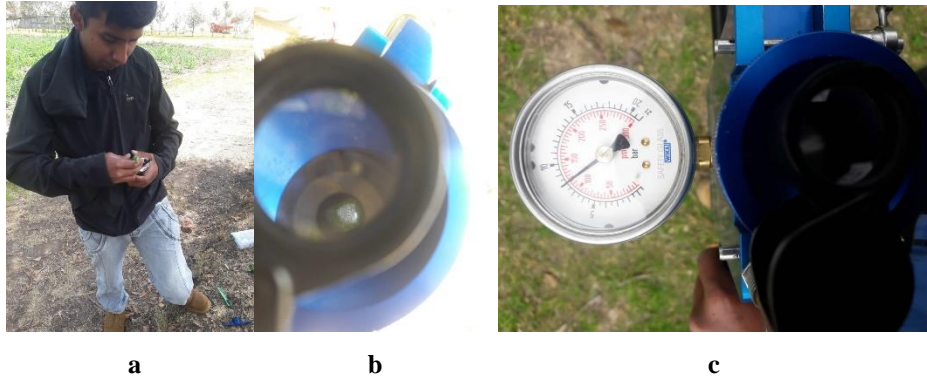


Figura 12-2: a) Ubicación de la hoja, b) Gotas de savia en el peciolo, c) P. Hídrico

Realizado por: Ruiz, J. 2022.

2.4.6. Contenido relativo de agua (WRC)

Una vez en el momento de la cosecha se toma el contenido relativo de agua, para lo cual se toma una hoja del tercio medio de la planta y con un sacabocado número 4 se retira una muestra de la mitad de la hoja sin la nervadura principal, luego se pesa la muestra fresca, después se hidrata la hoja en una caja Petri con agua destilada por 12 horas en un lugar con sombra, luego se obtiene el peso turgente y por último se coloca en la estufa a una temperatura de 65°C por 48 horas obteniendo así el peso seco (Gaibor, 2019). Se aplica la fórmula:

$$\%WRC = \frac{\text{Peso fresco} - \text{Peso seco}}{\text{Peso turgente} - \text{Peso seco}} \times 100 \dots (19)$$



Figura 13-2. Toma de muestra con el sacabocado y peso.

Realizado por: Ruiz, J. 2022.

2.4.7. *Materia seca de la planta y vaina*

Se seleccionó 3 plantas por repetición en cada tratamiento, se separaron las vainas de las plantas para obtener el peso fresco y por separado se colocó en la estufa y con una temperatura de 105 °C por 24 horas se determinó el peso seco, se aplicó la formula citada por (Gaibor, J. 2019, p.42):

$$\text{Materia seca (\%)} = \frac{\text{Peso de la materia seca}}{\text{Peso de la materia humeda}} \times 100 \dots (20)$$



Figura 14-2. Peso de materia seca de la planta y vainas.

Realizado por: Ruiz, J. 2022.

2.4.8. *Huella hídrica*

Una vez recopilada la información del volumen de agua aplicado en cada riego y la cantidad de precipitación distribuida en cada uno de los tratamientos y se los dividió para el rendimiento obtenido en cada método.

2.4.9. *Rendimiento*

El rendimiento se expresó en kg por parcela neta y en kilogramos por hectárea.

2.4.10. *Volumen de agua aplicado*

Se contabilizarán las láminas de riego aplicada por cada tratamiento durante el ciclo de cultivo.

2.5. Manejo del ensayo

2.5.1. Labores preculturales

2.5.1.1. Muestreo de suelo

Con la finalidad de obtener muestras para el contenido de humedad del suelo y medir la compactación en algunos sectores de los tratamientos, el primero a los 30 cm de profundidad y el segundo a los 20 cm de profundidad en forma aleatoria.

2.5.1.2. Preparación del suelo

Se realizó con 2 pases de arado y 2 de rastra para remover la primera capa del suelo entre los 20 a 30 cm de profundidad y facilite la siembra.



Figura 15-2. Remoción del suelo con arado y rastra.

Realizado por: Ruiz, J. 2022.

2.5.1.3. División de parcelas

Utilizando estacas y piola se trazaron las líneas según las medidas de cada tratamiento y unidad experimental.

2.5.1.4. Surcado

Para la siembra se procedió a surcar el terreno con la ayuda de azadones y rastrillos separados a 50 cm entre surcos.

2.5.1.5. Instalación de los sistemas de riego

Se utilizaron tuberías flexibles para las redes secundarias que distribuirán el riego en los tratamientos, cintas de riego auto compensadas para el riego por goteo y aspersores de tipo bailarina para el riego por aspersión, según las medidas de cada tratamiento. Con las siguientes características:

Tabla 8-2: Especificación técnicas de emisores.

Tubería secundaria	
Denominación	FlexNet™
Diámetro	3 pulgadas
Presión de trabajo	30 psi
Goteo	
Denominación	DripNet PC™
Caudal de trabajo	3.8 L/h
Distancia entre goteros	30 cm
Grosor	0.5 mm
Longitud de cintas	35 m
Numero de cintas	76
Aspersión	
Denominación	Xcel Wobbler angulo alto, boquilla #6 (Oro) R/M ½".
Numero de aspersores	12
Presión de trabajo	30 psi
Distancia entre aspersores	8 m
Gravedad	
Numero de llaves	76
Distancia de salidas	50 cm

Realizado por: Ruiz, J. 2022.

2.5.2. Labores culturales

2.5.2.1. Siembra

La siembra se la realizo a cada 30 centímetros entre plantas y a 3 semillas por golpe de forma manual.

2.5.2.2. Fertilización

Se realizó una fertilización de fondo partiendo de los requerimientos nutricionales del cultivo colocándolos de manera fraccionada en cada sitio donde se colocó la semilla y luego se complementó con fertilizaciones foliares durante el desarrollo del cultivo (ANEXO O).

2.5.2.3. Deshierbe

Se realizó aplicaciones de herbicidas pre emergente después de la siembra, luego de realizo un rascadillo a los 30 días después de la siembra y finalmente un deshierbe a los 60 días de desarrollo del cultivo.

2.5.2.4. Riego

El riego se organizó con la utilización de tensiómetros para la frecuencia, la cantidad de agua con los requerimientos hídricos obtenidos mediante la ETc de los lisímetros y los tiempos de riego con la determinación de caudales de trabajo del sistema. Se desarrolló una programación de riego para cada tratamiento (ANEXO P, Q, R). También se empleó la tecnología CROP BOOSTER instalado en el cabezal de riego del CER, que emite ondas de radio de baja frecuencia similares a las emitidas por el suelo y planta en buenas condiciones, para estimular el desarrollo del cultivo.



Figura 16-2. Riego por aspersión, goteo y gravedad.

Realizado por: Ruiz, J. 2022.

2.5.2.5. Manejo de plagas y enfermedades

Según el nivel de afectación del cultivo provocado por plagas y enfermedades, se realizó la aplicación de productos químicos de acción sistémica y preventiva.



Figura 17-2. Preparación de solución y aplicación.

Realizado por: Ruiz, J. 2022.

2.5.2.6. Cosecha

Para la cosecha se consideró que el 70% del total de vainas de cada tratamiento estén completamente desarrolladas y verdes.



Figura 18-2. a) Recolección de vainas, b) Selección, c) Comercialización.

Realizado por: Ruiz, J. 2022.

CAPÍTULO III

3. MARCO DE RESULTADOS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS

3.1. Identificación y duración de las etapas fenológicas en el cultivo de arveja (*Pisum sativum* L.) Var. Quantum

La duración e identificación de las etapas fenológicas en el cultivo de arveja se realizó mediante la observación en campo, en base a los cambios que se generaron en cada tratamiento según la escala BASF, BAYER, NOVARTIS Y HOECHST (BBCH) y se expresan en el siguiente gráfico:

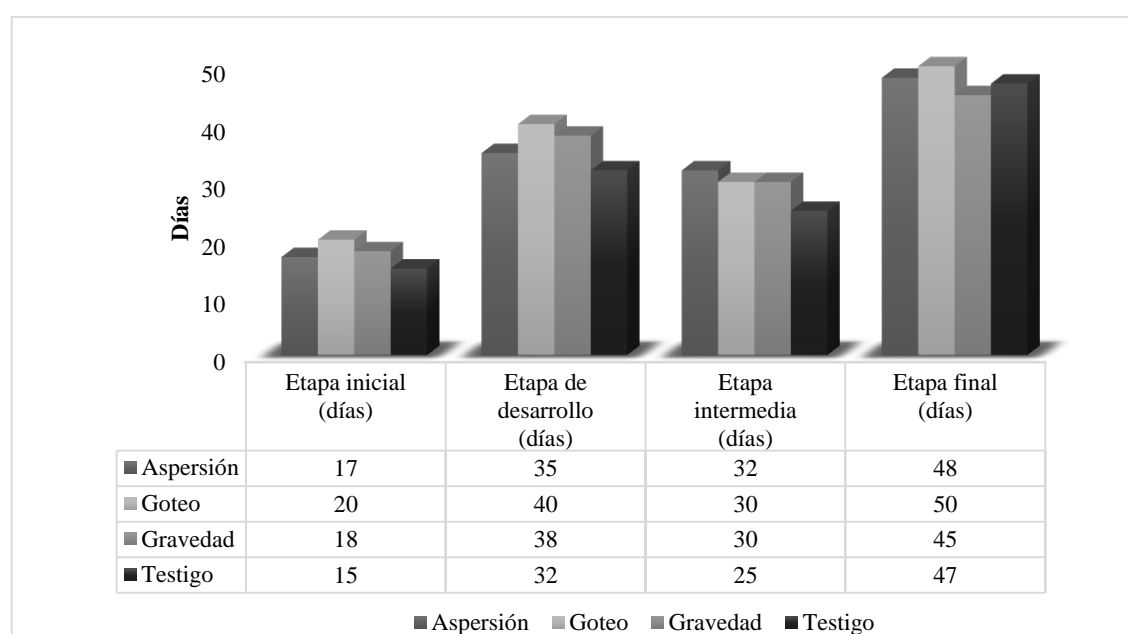


Gráfico 1-3. Duración de etapas fenológicas en el cultivo de arveja (*Pisum sativum* L.) var. Quantum.

Realizado por: Ruiz, J. 2022

3.1.1. Etapa inicial

La etapa inicial comenzó según la metodología empleada en el CER, desde la siembra hasta cuando un 30% del total de plantas de cada tratamiento tienen alrededor de 9 folíolos, el tratamiento con menor duración fue el testigo con 15 días, luego el tratamiento de aspersión con 17 días, seguido del tratamiento de gravedad con 18 días y finalmente el tratamiento con mayor duración fue de goteo con 20 días. Se puede observar poca diferencia entre aspersión y gravedad en comparación a goteo, y una gran diferencia con el testigo sin riego, esta diferencia sea posiblemente a la disponibilidad de agua que tiene el cultivo, donde el exceso o falta puede causar un aumento o disminución en la duración del ciclo de cultivo.

3.1.2. Etapa de desarrollo

La etapa de desarrollo según el CER culminó cuando el 30% del total de plantas del cultivo llegaron a tener 9 o más entrenudos visibles, el tratamiento con menor duración fue el testigo con 32 días, luego aspersión con 35 días, posteriormente el tratamiento de gravedad con 38 días, dejando con la mayor duración al tratamiento de goteo con 40 días. Se observa que medida que avanza el crecimiento del cultivo la diferencia entre tratamientos se alarga, existiendo a tener una diferencia de 8 días entre el tratamiento de goteo y testigo.

3.1.3. Etapa intermedia

La etapa intermedia según el CER empezó con el apareamiento de los órganos florales en el 30% de plantas en cada tratamiento y terminó con la caída de la flor con el apareamiento de la vaina en el 30% de las plantas, el tratamiento con mayor duración fue aspersión con 32 días, los tratamientos de gravedad y goteo compartieron la misma duración con 30 días y el de menor duración fue el testigo con 25 días. Uno de los posibles factores para acelerar la floración durante esta etapa sensible es el estrés hídrico, por tal motivo el de menor duración fue el testigo sin riego, mientras que los demás tratamientos tienen similar número de días.

3.1.4. Etapa final

La etapa final del cultivo según el CER empieza desde la formación de la vaina hasta cuando las vainas están completamente rellenas y verdes en el 30% de plantas de cada tratamiento, la mayor duración la obtuvo goteo con 50 días, seguido por aspersión con 48 días, gravedad con 45 días, luego el testigo con 47 días y por último gravedad con 45 días. Existe poca diferencia durante esta etapa crítica del cultivo, donde el agua cumple un papel importante en el llenado de vainas.

3.1.5. Ciclo de cultivo en arveja (*Pisum sativum* L.) var. *Quantum*

El ciclo de cultivo de arveja (*Pisum sativum* L.) var. *Quantum* para cada uno de los tratamientos se puede observar en el siguiente gráfico:

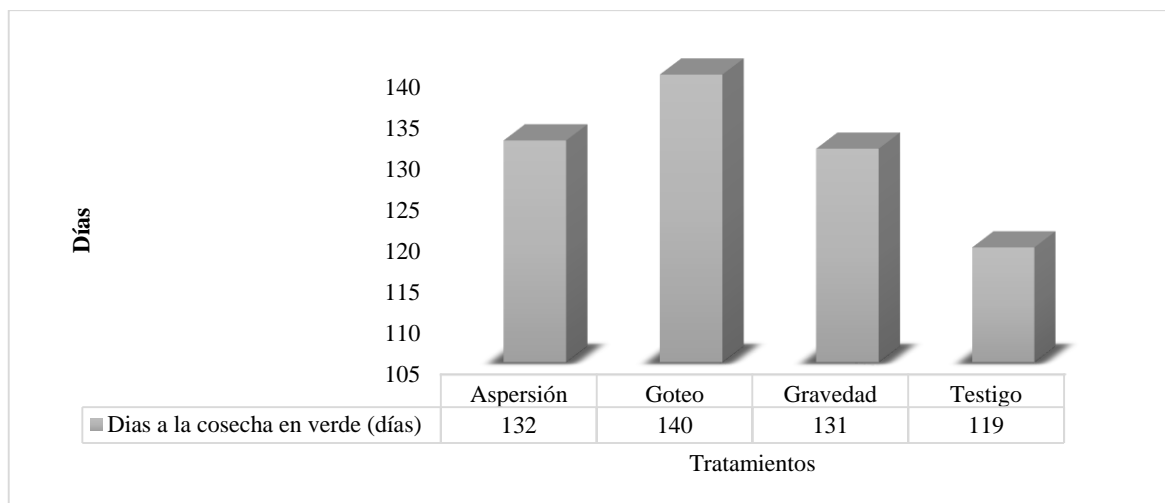


Gráfico 2-3. Ciclo de cultivo de arveja (*Pisum sativum L.*) var. Quantum.

Realizado por: Ruiz, J. 2022

El tratamiento con mayor duración en su ciclo de cultivo fue goteo con 140 días, luego aspersión con 132 días, gravedad con 131 días y el de menor duración fue el testigo con 119 días. Se consideró los días desde el momento de la siembra hasta la cosecha.

La duración del ciclo de cultivo en arveja (*Pisum sativum L.*) var. Quantum son similares a los obtenidos por Villanueva (2019, p. 63) donde por lisimetría obtiene una duración del ciclo de cultivo de 146 días, repartidos en la etapa inicial con 23 días para la etapa inicial, 36 días para la etapa de desarrollo, 50 días para la etapa intermedia y 37 días para la etapa final, estas variaciones son debidas a los métodos de riego y su eficiencia, siendo similar al tratamiento de goteo, es decir que los demás tratamientos aceleraron y acortaron el ciclo de cultivo.

3.2. Coeficiente de cultivo y kc ajustado por lisimetría en el cultivo de arveja (*Pisum sativum L.*) Var. Quantum

Los valores obtenidos del coeficiente de cultivo (Kc) ajustados por lisimetría en arveja (*Pisum Sativum L.*) var. Quantum bajo las condiciones edafoclimáticas de la estación experimental Tunshi en el centro experimental del riego se representan en el siguiente gráfico:

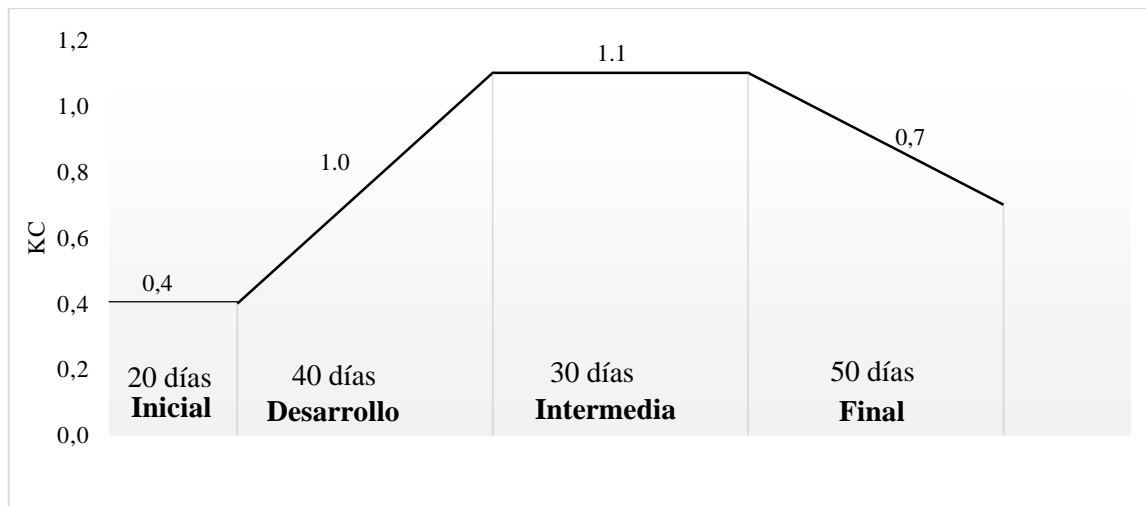


Gráfico 3-3. Coeficiente del cultivo de arveja (*Pisum sativum* L.) var. Quantum ajustado por lisimetría

Realizado por: Ruiz, J.2022

Etapa inicial: El valor del Kc es de 0.4 lo que representa un bajo consumo de agua en el cultivo, durante los 20 primeros días del ciclo de cultivo.

Etapa de desarrollo: El valor del Kc durante va en aumento hasta llegar a 1.0 con una duración de 40 días, es decir que el cultivo va incrementando sus necesidades hídricas a media que avanza su ciclo de cultivo.

Etapa intermedia: El valor del Kc es de 1.1 con una duración de 30 días, es decir que las necesidades hídricas son elevadas y se mantienen constantes.

Etapa final: El valor del Kc es de 0.7 al culminar su ciclo de cultivo con una duración de 50 días, es decir que las necesidades hídricas van disminuyendo según va finalizando el ciclo de cultivo.

Los valores del coeficiente de cultivo (Kc) son similares a los obtenidos por Angeles (2018, p. 88), con un valor en la etapa inicial de 0.64, etapa de desarrollo de 0.99, etapa intermedia de 1.15 y sin etapa final, el Kc es diferente según el lugar ya que es dependiente de las condiciones edafoclimáticas.

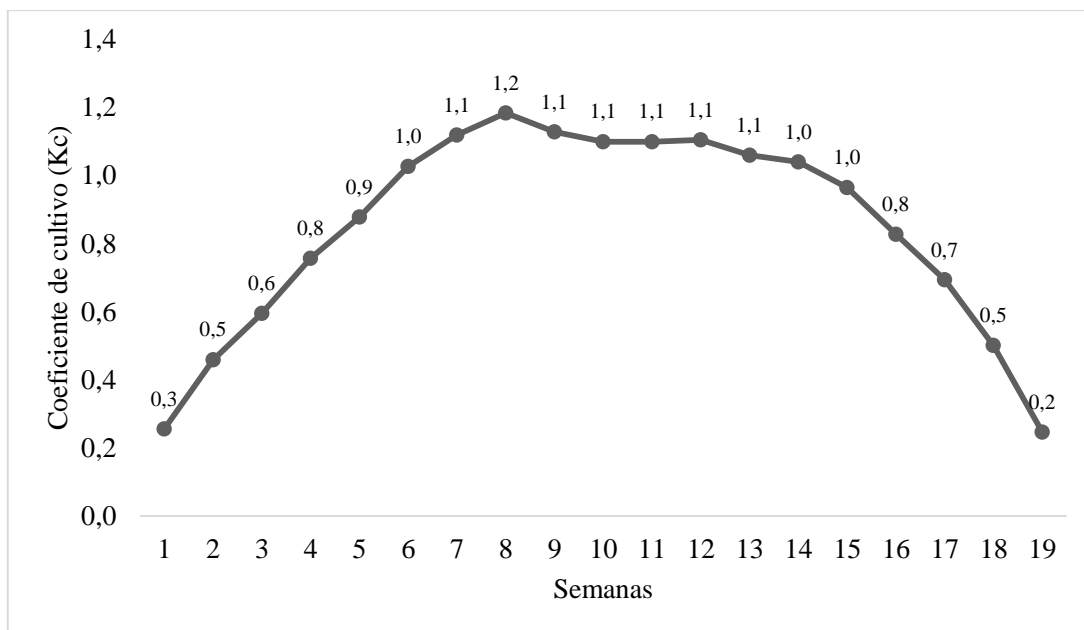


Gráfico 4-3. Coeficiente de cultivo (kc) semanal en el cultivo de arveja (*Pisum sativum* L.) Var. Quantum.

Realizado por: Ruiz, J. 2022

En el gráfico 4-3 se puede observar el comportamiento del Kc durante las 19 semanas de observación en campo en el cultivo de arveja (*Pisum sativum* L) var. Quantum bajo las condiciones edafoclimáticas de la estación experimental Tunshi en el centro experimental del riego, con un valor en la primera semana de 0.3 y avanza progresivamente hasta la octava semana al llegar a un límite de 1.2, luego se mantiene constante hasta la semana trece con un valor de 1.1 y desciende hasta la semana 19 con un valor de 0.2.

Dentro de los principales motivos para la variación de coeficiente de cultivo en la arveja son las señaladas por Rázuri, L et al. (2004, p.8), como el periodo de siembra, duración del ciclo de cultivo, condiciones climáticas y los tiempos de riego aplicados, la arveja al ser un cultivo de ciclo corto tiende a incrementar rápidamente las necesidades hídricas a diferencia de otros cultivos anuales, por lo que es necesario incrementar la frecuencia de riego durante las primeras etapas del cultivo como lo indica Villafañe, G. et al. (2016, p.5), esto produce un aumento en la evapotranspiración del suelo y por ende un aumento del kc. Durante la evolución del cultivo, los valores del coeficiente del cultivo llegan a un límite donde se mantienen constantes, este fenómeno se debe principalmente a lo indicado por Quispe, J. et al. (2020, p. 15), donde la planta por su genética llegan a tener un máximo de crecimiento y desarrollo, teniendo su máxima actividad fisiológica requiriendo más agua y nutrientes que en etapas anteriores, este periodo de exigencias hídricas y nutricionales coinciden en la etapa intermedia o floración donde si por algún motivo no se cumplen sus necesidades la planta, se verá afectada en su rendimiento sin importar las buenas condiciones que se les halla brindado en las primeras etapas del ciclo de cultivo.

3.3. Variables y métodos de evaluación

3.3.1. Altura de la planta

3.3.1.1. Altura de la planta a los 20 días

El análisis de varianza para la altura de la planta a los 20 días, presento diferencias estadísticas significativas para los tratamientos, con un coeficiente de variación de 6.43%.

Tabla 1-3: Análisis de varianza para altura de la planta a los 20 días.

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	Significancia
Tratamientos	2.68	3	0.89	5.56	0.0234	*
Error	1.29	8	0.16			
Total	3.97	11				
CV	6.43					

*: significativo ($p < 0.05$); **: altamente significativo ($p < 0.01$); ns: no significativo ($P > 0.05$).

Realizado por: Ruiz, J.2022

Con la prueba de Tukey al 5% en la altura de la planta a los 20 días del grafico 5-3, muestra dos grupos, primero goteo con una media de 6.9 cm, luego aspersión y gravedad sin diferencias significativas entre sus medias, mientras que el tratamiento sin riego con una media de 5.77 cm.

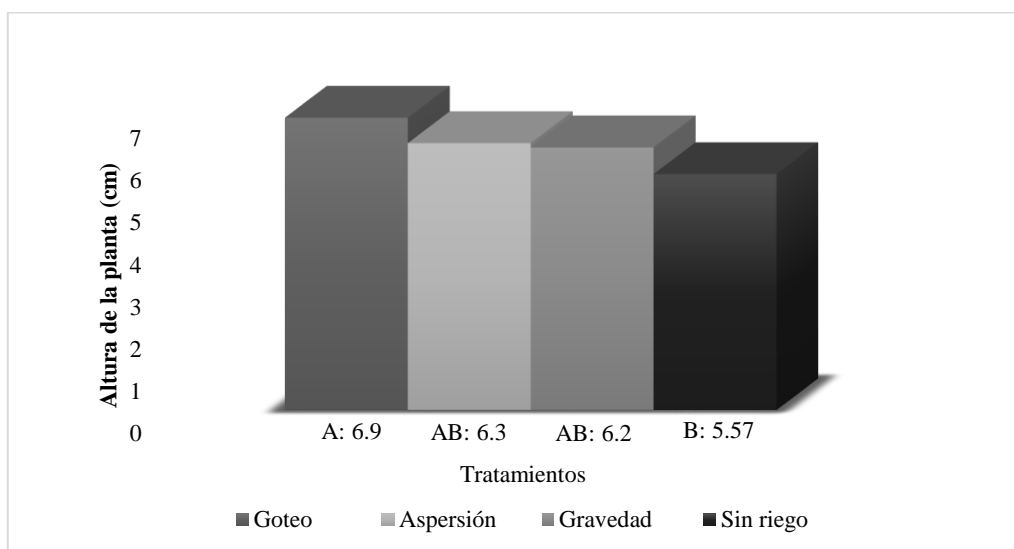


Gráfico 5-3. Altura de la planta a los 20 días.

Realizado por: Ruiz, J. 2022.

Durante los primeros días de desarrollo de cultivo que corresponden a la etapa inicial representada en los 20 primeros días, se observa que el tratamiento de goteo tiene la mayor altura de la planta

en general que los demás tratamientos, la diferencia no es mucha al compararlo con los tratamientos de aspersión y gravedad, pero si existe una buena diferencia con el testigo sin riego, esta leve variación es debida a las bajas necesidades hídricas de la planta en sus primeros estadios.

3.3.1.2. Altura de la planta a los 40 días

El análisis de varianza para la altura de la planta a los 40 días, mostro diferencias estadísticas altamente significativas en los tratamientos. El coeficiente de variación fue de 8.36%.

Tabla 2-3: Análisis de varianza para altura de la planta a los 40 días.

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	Significancia
Tratamientos	40.06	3	13.35	15.99	0.001	**
Error	6.68	8	0.83			
Total	46.74	11				
CV	8.36					

*: significativo ($p < 0.05$); **: altamente significativo ($p < 0.01$); ns: no significativo ($P > 0.05$).

Realizado por: Ruiz, J.2022

En la prueba de Tukey al 5% para la altura de la planta a los 40 días del grafico 6-3, muestra diferencias en la comparación de medias en dos grupos, primero goteo y aspersión con una media de 13.43 cm y 11.9 cm cada uno, luego gravedad y testigo con una media de 9.33 cm y 9.03 cm respectivamente.

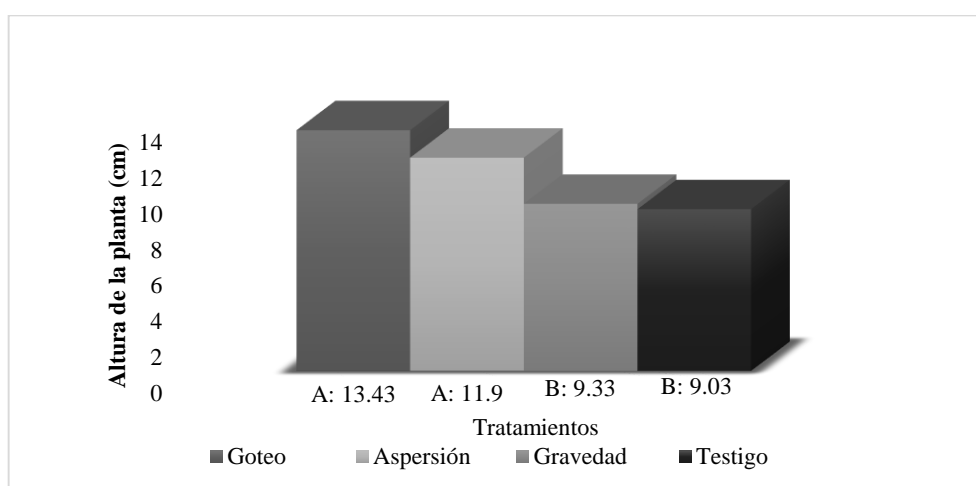


Gráfico 6-3. Altura de la planta a los 40 días.

Realizado por: Ruiz, J.2022

La altura de la planta a los 40 días representa la etapa de desarrollo, cuando el crecimiento longitudinal es acelerado y donde se desarrollan los órganos de la planta, se evidencia que no existe diferencia entre goteo y aspersión, pero son superiores a los tratamientos de gravedad y

testigo que son similares, esto debido a una buena distribución del agua en los tratamientos en los dos primeros métodos y donde aún no se ha llegado a la máxima cobertura vegetal.

3.3.1.3. Altura de la planta a los 80 días

El análisis de varianza para la altura de la planta a los 80 días presento diferencias estadísticas altamente significativas para los tratamientos. El coeficiente de variación fue de 3.35%.

Tabla 3-3: Análisis de varianza para altura de la planta a los 80 días.

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	Significancia
Tratamientos	981.14	3	327.05	75.66	<0.0001	**
Error	34.58	8	4.32			
Total	1015.72	11				
CV	3.35					

*: significativo ($p < 0.05$); **: altamente significativo ($p < 0.01$); ns: no significativo ($P > 0.05$).

Realizado por: Ruiz, J. 2022

La prueba de Tukey al 5% para la altura de la planta a los 80 días del grafico 7-3, presenta tres grupos, goteo con una media de 71.33 cm, aspersión y gravedad no presenta diferencias significativas, mientras que por ultimo está el testigo con una media de 49 cm.

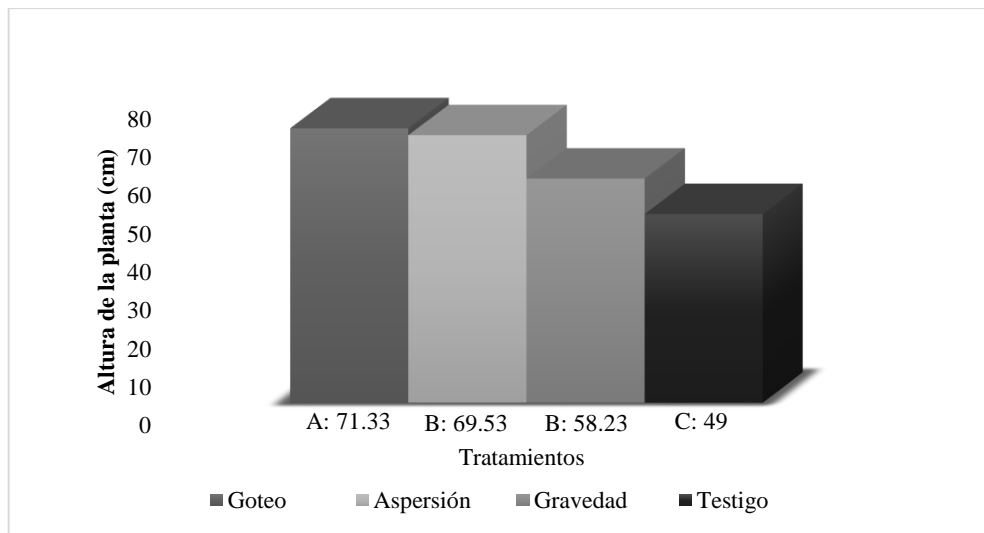


Gráfico 7-3. Altura de la planta a los 80 días.

Realizado por: Ruiz, J.2022.

Se puede observar que existen diferencias entre todos los tratamientos, los 80 días representan la etapa intermedia o floración en el cultivo de arveja, durante tiempo la planta cubre casi totalmente el área del tratamiento, es por esta razón que el método de riego por goteo supera a los demás al suministrar el agua directamente al suelo por la zona radicular permitiéndole mejor acceso al agua

a la planta, mientras que en aspersión el agua recae sobre la superficie de la planta y no directamente al suelo afectando al desarrollo de la misma, en gravedad sucede algo similar donde no hay una correcta distribución del agua, mientras menor sean acceso al agua de la plantas, la altura se ve afectada como se representa en el testigo sin riego.

3.3.1.4. Altura de la planta a los 120 días

El análisis de varianza de la altura de la planta a los 120 días, presento diferencias estadísticas altamente significativas para los tratamientos. El coeficiente de variación fue de 2.96%.

Tabla 4-3: Análisis de varianza para altura de planta a los 120 días.

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	Significancia
Tratamientos	5100.28	3	1700.09	249.43	<0.0001	**
Error	54.53	8	6.82			
Total	5154.81	11				
CV	2.96					

*: significativo ($p < 0.05$); **: altamente significativo ($p < 0.01$); ns: no significativo ($P > 0.05$).

Realizado por: Ruiz, J.2022

En la prueba de Tukey al 5% para la altura de la planta a los 120 días del grafico 8-3, se evidencias diferencias significativas para entre todos los tratamientos, primero goteo con una media de 113.5 cm y ultimo el testigo con una media de 61.7 cm.

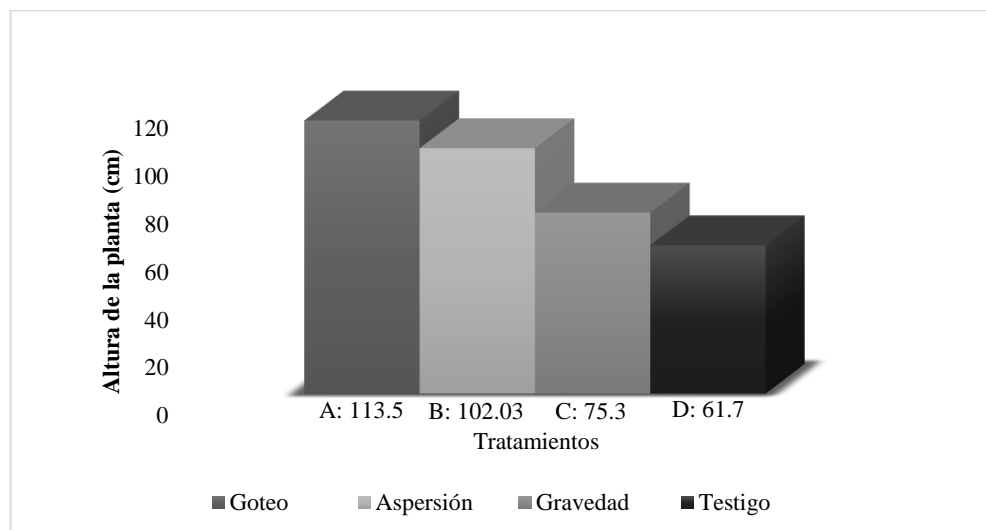


Gráfico 8-3. Altura de la planta a los 120 días.

Realizado por: Ruiz, J.2022.

Los 120 días de desarrollo del cultivo representan a la etapa final, durante este periodo algunas vainas ya están listas para la cosecha, la altura de la planta predominó en goteo y es menor en el testigo, los resultados de esta variable también mostraron un efecto en el rendimiento del cultivo.

La altura de la planta durante las primeras etapas de desarrollo es similar en los tratamientos de goteo, aspersión y gravedad, después de los 40 días, existe una predominancia en el tratamiento de goteo en la altura de la planta que termina con una media de 113.5 cm y el tratamiento sin riego o testigo con la altura promedio más baja con 61.7 cm, la altura promedio obtenida por Barzola y Hermitaño (2018, pp. 64-65), para la variedad Quantum es de 83.22 cm, donde el tratamiento que llega a este promedio es gravedad, esta diferencia sea posible por el método de riego aplicado, el tratamiento de goteo proporciona mejores condiciones de humedad en el suelo, generando una mejor respuesta en la altura de la planta de arveja.

Según Mendez, J. et al. (2007, p.4), el método y dosis de riego que se le atribuya a un cultivo influye directamente en la precocidad de las plantas, donde por las limitaciones de agua hay un retraso en el crecimiento en altura de la planta, estas diferencias son más acentuadas durante la etapa inicial y floración, esto concuerda con la altura de la planta en los tratamientos de gravedad y testigo donde hay un retraso en el crecimiento.

3.3.2. Diámetro del tallo

3.3.2.1. Diámetro del tallo a los 20 días

En el análisis de varianza para el diámetro del tallo a los 20 días, no se presentaron diferencias estadísticas significativas para los tratamientos. El coeficiente de variación fue de 5.85%.

Tabla 5-3: Análisis de varianza para diámetro del tallo a los 20 días.

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	Significancia
Tratamientos	0.12	3	0.04	3.11	0.0888	ns
Error	0.1	8	0.01			
Total	0.22	11				
CV	5.85					

*: significativo (p <0.05); **: altamente significativo (p <0.01); ns: no significativo (P >0.05).

Realizado por: Ruiz, J.2022

3.3.2.2. Diámetro del tallo a los 40 días

El análisis de varianza para el diámetro del tallo a los 40 días, presento diferencias estadísticas significativas para los tratamientos. El coeficiente de variación fue de 4.45%.

Tabla 6-3: Análisis de varianza para diámetro del tallo a los 40 días

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	Significancia
Tratamientos	0.23	3	0.08	5.34	0.0259	*
Error	0.11	8	0.01			
Total	0.34	11				
CV	4.45					

*: significativo ($p < 0.05$); **: altamente significativo ($p < 0.01$); ns: no significativo ($P > 0.05$).

Realizado por: Ruiz, J.2022

Con la prueba de Tukey al 5% para el diámetro del tallo a los 40 días en el grafico 9-3, presenta tres grupos, aspersión con una media de 2.91 mm, seguido de gravedad con una media de 2.65 mm y por último el testigo y goteo que son estadísticamente similares.

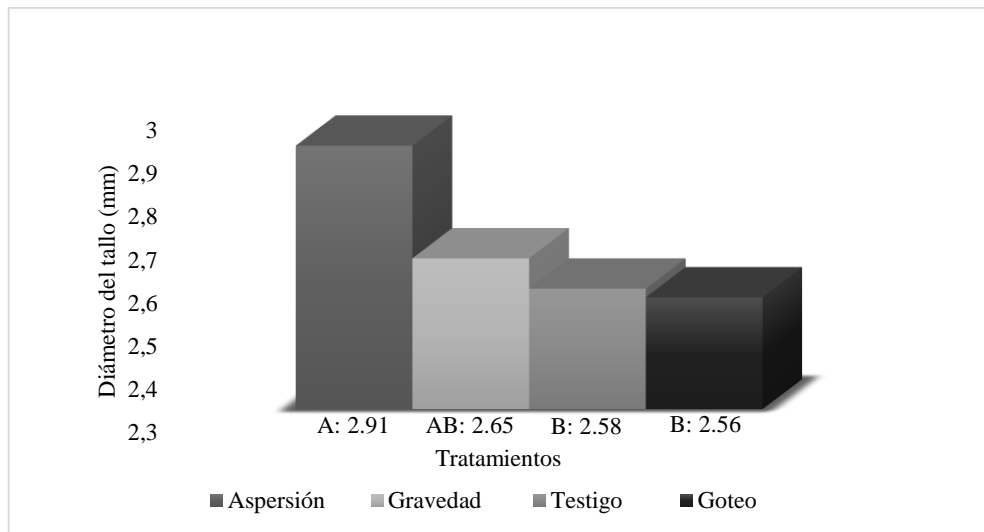


Gráfico 9-3. Diámetro del tallo a los 40 días.

Realizado por: Ruiz, J.2022.

El diámetro del tallo puede ser un indicador del buen estado de salud de la planta, durante la etapa de desarrollo se va un crecimiento vegetativo considerable, donde al tener un tallo vigoroso puede ayudar a un mejor transporte savia a los distintos órganos de la planta, el tratamiento de aspersión se diferencia de los demás tratamientos con un mayor diámetro, mientras que los tratamientos de gravedad, testigo y goteo tienen valores similares posiblemente a una buena o mal distribución del agua.

3.3.2.3. Diámetro del tallo a los 80 días

El análisis de varianza para el diámetro del tallo a los 80 días, presento diferencias estadísticas altamente significativas en los tratamientos. Con un coeficiente de variación de 4.18%.

Tabla 7-3: Análisis de varianza para diámetro del tallo a los 80 días.

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	Significancia
Tratamientos	1.93	3	0.64	21.4	0.0004	**
Error	0.24	8	0.03			
Total	2.18	11				
CV	4.18					

*: significativo ($p < 0.05$); **: altamente significativo ($p < 0.01$); ns: no significativo ($P > 0.05$).

Realizado por: Ruiz, J.2022

La prueba de Tukey al 5% en el diámetro del tallo a los 80 días del grafico 10-3, presentan diferencias significativas para el tratamiento de goteo con una media de 4.77 mm, luego aspersión y gravedad con medias similares y en el último grupo el testigo con una media de 3.75 mm.

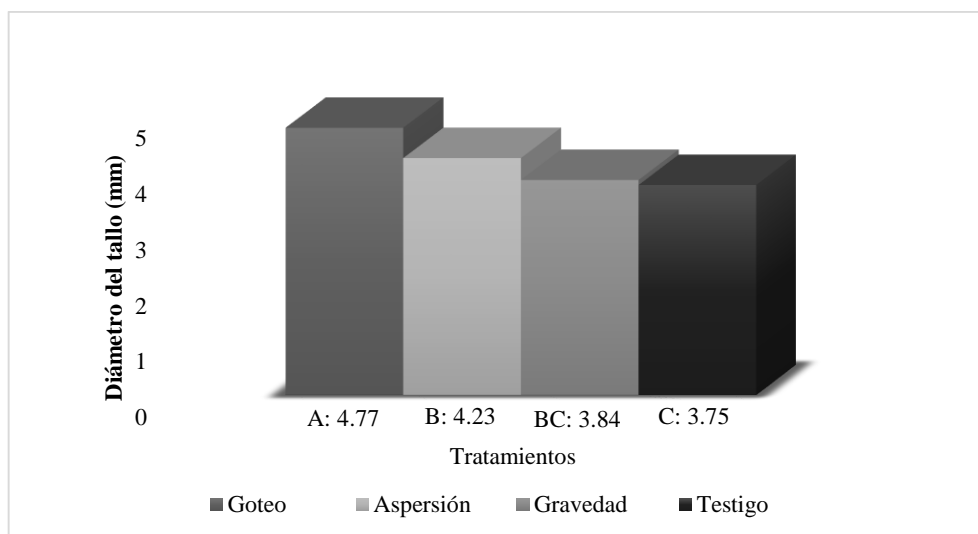


Gráfico 10-3. Diámetro del tallo a los 80 días.

Realizado por: Ruiz, J.2022.

El diámetro del tallo a los 80 días representa la etapa intermedia o floración para esta variable, se puede observar que el tratamiento de goteo presenta un mayor diámetro del tallo, mientras que aspersión, gravedad y el testigo tienen similares valores, demostrando un efecto positivo del método de riego por el crecimiento en altura de la planta.

3.3.2.4. Diámetro del tallo a los 120 días

El análisis de varianza para el diámetro del tallo a los 120 días, presento diferencias estadísticas altamente significativas para los tratamientos. El coeficiente de variación fue de 3.55%.

Tabla 8-3: Análisis de varianza para diámetro del tallo a los 120 días.

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	Significancia
Tratamientos	3.08	3	1.03	35.67	0.0001	**
Error	0.23	8	0.03			
Total	3.31	11				
CV	3.55					

*: significativo ($p < 0.05$); **: altamente significativo ($p < 0.01$); ns: no significativo ($P > 0.05$).

Realizado por: Ruiz, J.2022.

La prueba de Tukey al 5% para el diámetro del tallo a los 120 días del grafico 11-3, presenta tres grupos, primero goteo con una media de 5.57 mm, aspersión y gravedad no presentaron diferencias en la comparación de medias, mientras que el testigo obtuvo una media de 4.25 mm.

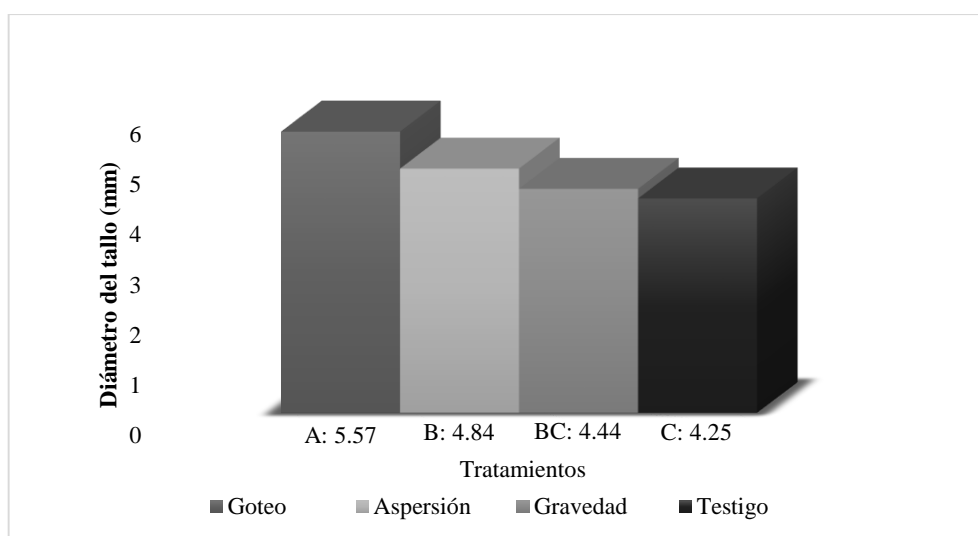


Gráfico 11-3. Diámetro del tallo a los 120 días.

Realizado por: Ruiz, J.2022

El diámetro del tallo en el cultivo de arveja (*Pisum sativum* L) var. Quantum, durante las primeras etapas del ciclo de cultivo tiene con valores más altos a los tratamientos de aspersión y gravedad, luego de los 80 días el tratamiento de goteo toma la ventaja sobre los demás tratamientos llegando a obtener en las etapas finales el mayor diámetro del tallo.

Según la investigación realizada por Cangas (2017, pp. 34-35) el valor máximo obtenido para el diámetro del tallo en la variedad Quantum es de 5.04 mm, que es inferior a los obtenidos en esta investigación en goteo con un valor de 5.57 mm al final del ciclo del cultivo, interpretando que el método de riego por goteo es el de mejor resultado en la variable diámetro del tallo, para Ruiz (2019, pp. 62-63), el diámetro del tallo es un indicador de vigor de la planta, donde las plantas de mayor diámetro es considerada como una planta vigorosa y se le atribuyen buenas condiciones hídricas y nutricionales.

3.3.3. *Numero de hojas*

3.3.3.1. *Numero de hojas a los 20 días*

El análisis de varianza en el número de hojas a los 20 días, mostro diferencias estadísticas altamente significativas para los tratamientos. Con un coeficiente de variación de 6.2%.

Tabla 9-3: Análisis de varianza para número de hojas a los 20 días.

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	Significancia
Tratamientos	1.28	3	0.43	10.06	0.0043	**
Error	0.34	8	0.04			
Total	1.62	11				
CV	6.2					

*: significativo ($p < 0.05$); **: altamente significativo ($p < 0.01$); ns: no significativo ($P > 0.05$).

Realizado por: Ruiz, J.2022.

En la prueba de Tukey al 5% para el numero de hojas a los 20 días del grafico 12-3, evidencio diferencias significativas entre tratamientos en dos grupos, goteo, testigo y gravedad son estadísticamente iguales, mientras que en el otro grupo esta aspersión con una media de 2.8 hojas.

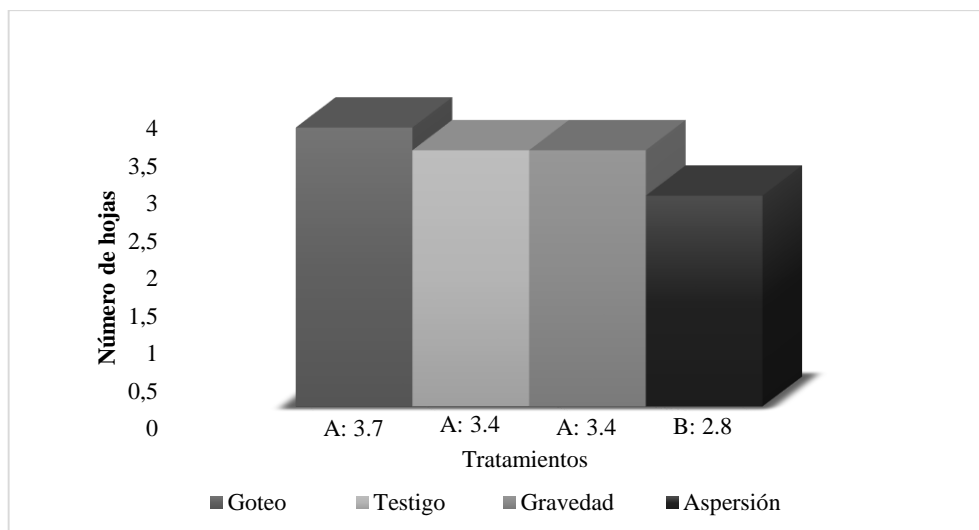


Gráfico 12-3. Número de hojas a los 20 días.

Realizado por: Ruiz, J.2022.

Durante la etapa inicial correspondiente a los 20 días de desarrollo de cultivo los tratamientos de goteo, testigo y gravedad tienen similar número de hojas, mientras que aspersión cuenta con menos hojas, esta diferencia sea posiblemente a problemas relacionados con las condiciones climáticas, presencia de plagas u enfermedades, sin embargo, se deba a la poca retención de humedad del suelo y el poco volumen de agua aplicado durante este periodo.

3.3.3.2. Numero de hojas a los 40 días

El análisis de varianza para el número de hojas a los 40 días, no mostro diferencias estadísticas significativas en los tratamientos. Con un coeficiente de variación de 6.86%.

Tabla 10-3: Análisis de varianza para el número de hojas a los 40 días.

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	Significancia
Tratamientos	1.37	3	0.46	2.34	0.15	ns
Error	1.56	8	0.2			
Total	2.93	11				
CV	6.86					

*: significativo ($p < 0.05$); **: altamente significativo ($p < 0.01$); ns: no significativo ($P > 0.05$).

Realizado por: Ruiz, J.2022.

3.3.3.3. Numero de hojas a los 80 días

El análisis de varianza para el número de hojas a los 80 días, presento diferencias estadísticas significativas para los tratamientos. El coeficiente de variación fue de 8.72%.

Tabla 11-3: Análisis de varianza para el número de hojas a los 80 días.

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	Significancia
Tratamientos	210.4	3	70.13	6.31	0.0167	*
Error	88.93	8	11.12			
Total	299.33	11				
CV	8.72					

*: significativo ($p < 0.05$); **: altamente significativo ($p < 0.01$); ns: no significativo ($P > 0.05$).

Realizado por: Ruiz, J.2022

Con la prueba de Tukey al 5% para el número de hojas a los 80 días presentada en el gráfico 13-3, se evidencian diferencias significativas entre los tratamientos en tres grupos, goteo con una media de 43.6 hojas, aspersión y gravedad son estadísticamente iguales, mientras que al final está el testigo con una media de 32.33 hojas.

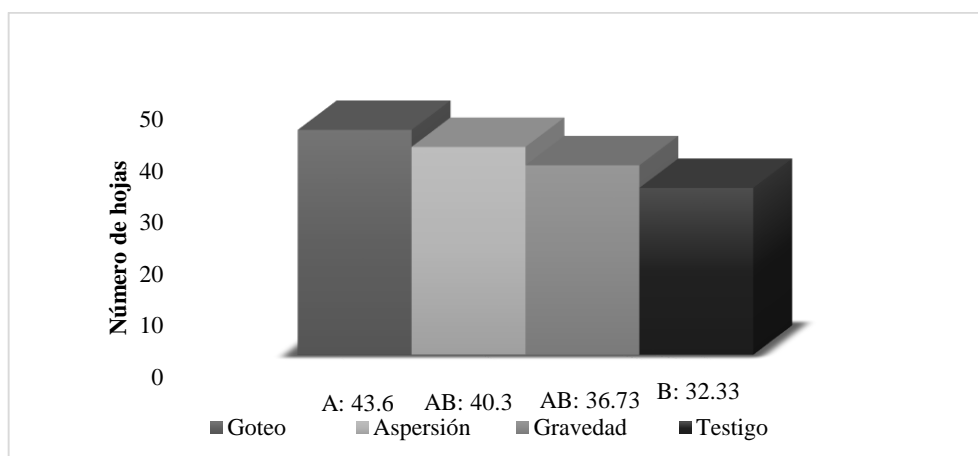


Gráfico 13-3. Número de hojas a los 80 días.

Realizado por: Ruiz, J.2022

La diferencia en el número de hojas durante la etapa de intermedia representada a los 80 días del ciclo de cultivo, demuestra el efecto de los métodos de riego sobre el incremento en el área foliar de la planta durante la floración, goteo supera a los demás tratamientos que tienen similar número de hojas, a diferencia de la etapa de desarrollo donde no se presentaron diferencias significativas en ninguno de los tratamientos, esta variable también representa las buenas condiciones hídricas de la planta y que luego se verá reflejada con un buen rendimiento.

3.3.3.4. Número de hojas a los 120 días

El análisis de varianza para el número de hojas a los 120 días, no presento diferencias estadísticas significativas para los tratamientos. El coeficiente de variación fue de 7.09%.

Tabla 12-3: Análisis de varianza para el número de hojas a los 120 días.

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	Significancia
Tratamientos	127	3	42.33	3.41	0.0733	ns
Error	99.21	8	12.4			
Total	226.22	11				
CV	7.09					

*: significativo ($p < 0.05$); **: altamente significativo ($p < 0.01$); ns: no significativo ($P > 0.05$).

Realizado por: Ruiz, J.2022.

Durante las primeras etapas de desarrollo del cultivo se puede observar que los tratamientos de goteo y sin riego tienen mayor cantidad de hojas y que luego van cambiando entre los 80 y 120 días, donde los tratamientos con mayor cantidad de hojas son goteo y aspersión, el número de hojas es superior a lo obtenido por Collazos (2021, pp. 42-43) donde el promedio para la variedad Quantum es de 33.09 hojas, expresando de esta manera que el tratamiento de goteo ayuda a mayor desarrollo en las hojas y que luego se refleja en el vigor de la planta.

El incremento del área foliar en goteo se debe principalmente a que se aplica el agua directamente al suelo en la zona radicular, favoreciendo infiltración de esta durante periodos de riego cortos, según Deaquiz, Y. et al. (2014, pp.5-7), este efecto aumenta la capacidad de absorción de agua y nutrientes en la planta causando una mayor síntesis de foto asimilados generando una mayor área foliar, además señala que existe una reducción de hojas por la caída prematura de las hojas en plantas que están sometidas a un déficit hídrico.

3.3.4. Conductancia estomática antes del riego

3.3.4.1. Conductancia estomática antes del riego a los 20 días

El análisis de varianza para la conductancia estomática antes del riego a los 20 días, presento diferencias altamente estadísticas significativas entre tratamientos. Con un coeficiente de variación de 0.44%.

Tabla 13-3: Análisis de varianza para la conductancia estomática antes del riego a los 20 días.

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	Significancia
Tratamientos	12753.36	3	4251.12	2626.85	<0.0001	**
Error	12.95	8	1.62			
Total	12766.31	11				
CV	0.44					

*: significativo ($p < 0.05$); **: altamente significativo ($p < 0.01$); ns: no significativo ($P > 0.05$).

Realizado por: Ruiz, J.2022

La prueba de Tukey al 5% para la conductancia estomática antes del riego a los 20 días del gráfico 14-3, muestra diferencias en la comparación de medias entre todos los tratamientos, donde primero se encuentra goteo con una media de 325.27 mmol/m²s, y último se encuentra el testigo con una media de 237.97 mmol/m²s.

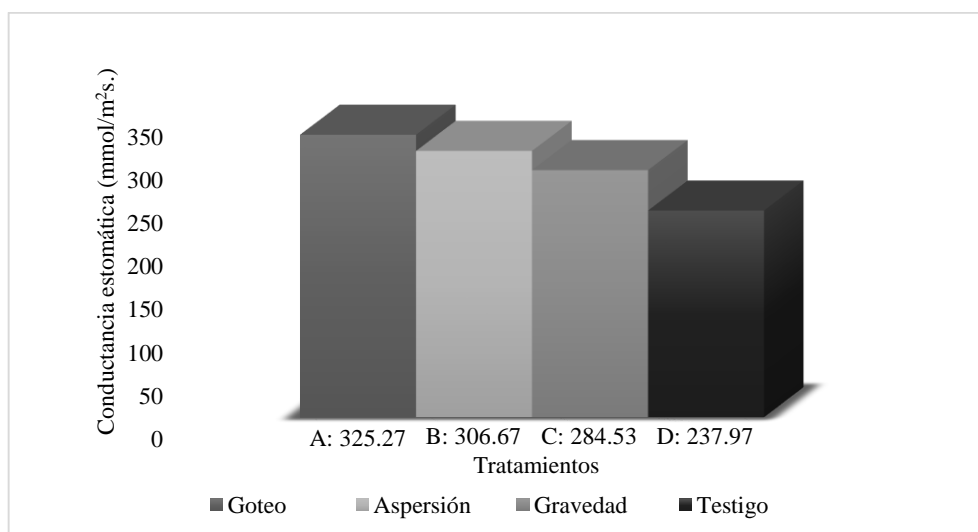


Gráfico 14-3. Conductancia estomática antes del riego a los 20 días.

Realizado por: Ruiz, J.2022.

La conductancia estomática es también un indicador del estado hídrico de la planta, durante los 20 primeros días correspondiente a la etapa inicial, el método de riego por goteo tiene el valor más alto, es decir que presenta mayor apertura estomática en las plantas y por ende mayor intercambio gaseoso con el ambiente, esto en primeras horas de la mañana antes de realizar el riego luego de 3 o 4 días de haberlo aplicado, los demás tratamientos obtuvieron valores inferiores expresando que las plantas no estuvieron con las condiciones adecuadas de humedad por lo que se vieron en la necesidad de cerrar sus estomas.

3.3.4.2. Conductancia estomática antes del riego a los 40 días

El análisis de varianza para la conductancia estomática antes del riego a los 40 días, presento diferencias estadísticas altamente significativas para los tratamientos. El coeficiente de variación fue de 0.44%.

Tabla 14-3: Análisis de varianza para la conductancia estomática antes del riego a los 40 días.

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	Significancia
Tratamientos	14924.27	3	4974.76	2849.5	<0.0001	**
Error	13.97	8	1.75			
Total	14938.24	11				
CV	0.44					

*: significativo ($p < 0.05$); **: altamente significativo ($p < 0.01$); ns: no significativo ($P > 0.05$).

Realizado por: Ruiz, J.2022.

La prueba de Tukey al 5% para la conductancia estomática antes del riego a los 40 días del grafico 15-3, presenta diferencias en la comparación de medias en todos los tratamientos, primero goteo con una media de 333.4 mmol/m²s., seguido de aspersión y gravedad para dejar al testigo con una media de 242.7 mmol/m²s.

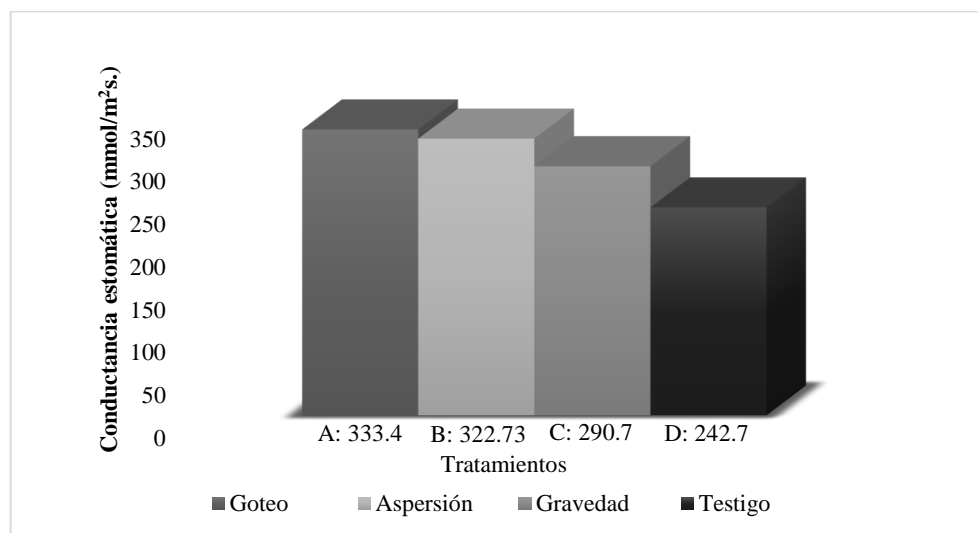


Gráfico 15-3. Conductancia estomática antes del riego a los 40 días.

Realizado por: Ruiz, J.2022.

La conductancia estomática a los 40 días representa la etapa de desarrollo en esta variable, se puede observar una influencia de los métodos de riego en la apertura estomática de las plantas, antes de realizar el riego el método que mantuvo la humedad en el suelo en las mejores condiciones que los demás tratamientos fue goteo y en similar situación aspersión, mientras que

gravedad y el testigo la planta tuvo que cerrar sus estomas, al no tener la suficiente humedad en el suelo y estar descompensada con las exigencias del ambiente.

3.3.4.3. Conductancia estomática antes del riego a los 80 días

El análisis de varianza para la conductancia estomática antes del riego a los 80 días, presento diferencias estadísticas altamente significativas entre tratamientos. Con un coeficiente de variación de 0.5%.

Tabla 15-3: Análisis de varianza para la conductancia estomática antes del riego a los 80 días.

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	Significancia
Modelo	12972.42	3	4324.14	1624.09	<0.0001	**
Tratamientos	12972.42	3	4324.14	1624.09	<0.0001	**
Error	21.3	8	2.66			
Total	12993.72	11				
CV	0.5					

*: significativo ($p < 0.05$); **: altamente significativo ($p < 0.01$); ns: no significativo ($P > 0.05$).

Realizado por: Ruiz, J.2022.

En la prueba de Tukey al 5% en la conductancia estomática antes del riego a los 80 días, presenta tres grupos, goteo y aspersión son estadísticamente iguales, luego se encuentra gravedad y por último el testigo con una media de 274.8 mmol/m²s.

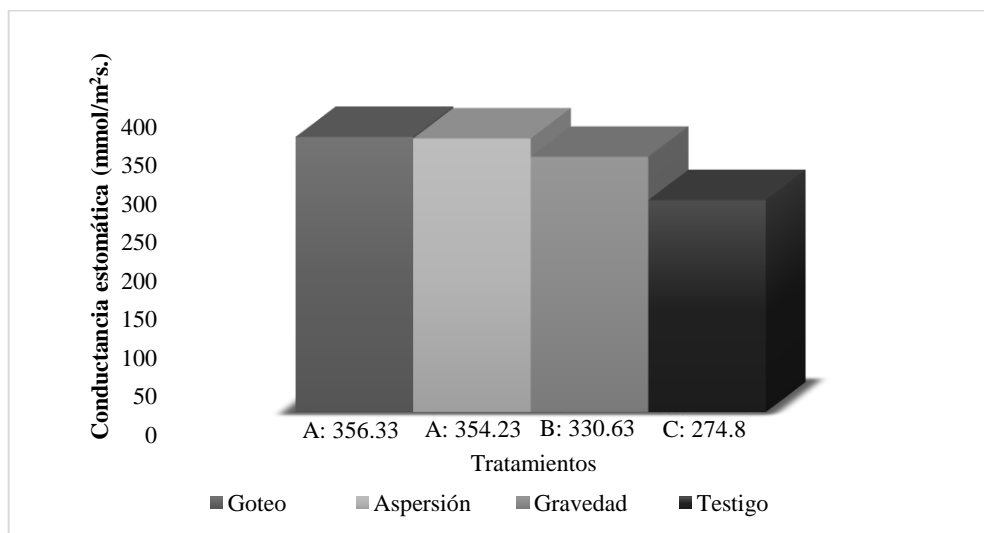


Gráfico 16-3. Conductancia estomática antes del riego a los 80 días.

Realizado por: Ruiz, J.2022.

La conductancia estomática durante la etapa intermedia o floración, muestran similares valores para goteo y aspersión demostrando que estos dos métodos son efectivos para mantener el estado

hídrico de la planta en buenas condiciones, durante este periodo de la máxima exigencia hídrica de la planta los tratamientos de gravedad y testigo no demuestran un buen acceso al agua por las plantas, por lo que presentan una menor apertura estomática, disminuyendo el intercambio gaseoso y como consecuencia una menor actividad fisiológica.

3.3.4.4. Conductancia estomática antes del riego a los 120 días

El análisis de varianza para la conductancia estomática antes del riego a los 120 días, presento diferencias estadísticas altamente significativas para los tratamientos. Con un coeficiente de variación de 0.24%.

Tabla 16-3: Análisis de varianza para la conductancia estomática antes del riego a los 120 días.

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	Significancia
Tratamientos	5198.82	3	1732.94	2150.5	<0.0001	**
Error	6.45	8	0.81			
Total	5205.27	11				
CV	0.24					

*: significativo ($p < 0.05$); **: altamente significativo ($p < 0.01$); ns: no significativo ($P > 0.05$).

Realizado por: Ruiz, J.2022.

La prueba de Tukey al 5% en la conductancia estomática antes del riego a los 120 días presentada en el grafico 17-3, muestra diferencias en la comparación de medias entre todos los tratamientos, goteo con una media de 401.13 mmol/m²s., seguidos por aspersión y gravedad y finalmente el testigo con una media de 346.37 mmol/m²s.

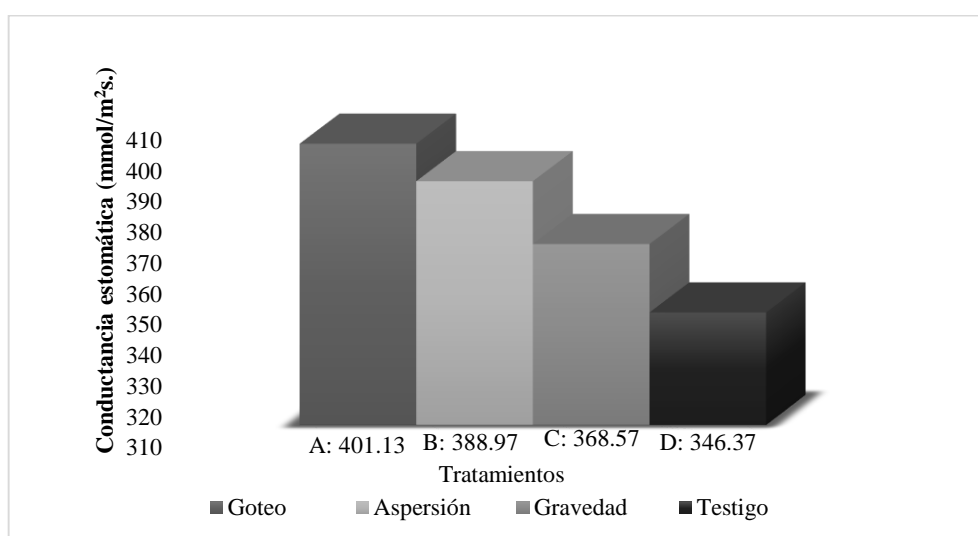


Gráfico 17-3. Conductancia estomática antes del riego a los 120 días.

Realizado por: Ruiz, J.2022.

La conductancia estomática en la etapa final representada a los 120 días del ciclo de cultivo, el tratamiento de goteo provoca una mayor apertura estomática que los demás tratamientos, el tratamiento sin riego o testigo es el de menor valor lo que indica un déficit hídrico en la planta, debido principalmente a la falta de aplicación de agua de riego para cumplir con sus necesidades hídricas, la variación en estos valores luego se verá reflejada en el rendimiento.

Luego de haber analizado los valores obtenidos de conductancia estomática antes del riego, se puede observar que el tratamiento con mayor intercambio gaseoso fue goteo en todos los datos registrados, la conductancia estomática es dependiente de las condiciones ambientales, en las horas de la mañana al medio día se obtiene los valores máximo de conductancia estomática para esta especie por la intensidad solar, una mayor conductancia estomática representa mayor actividad fotosintética como lo expuesto por Allen et al. (2006, p. 45) donde menciona que con mayor disponibilidad de agua disminuye la resistencia estomática y además se encuentra influenciado por la temperatura y radiación.

Es importante señalar que el cierre estomático es un mecanismo para tolerar el estrés hídrico, la conductancia estomática está relacionada con el contenido de agua del suelo, donde si hay poca disponibilidad de agua en el suelo la apertura estomática será menor Valdiviezo, C. et al (2021, p.5), este ajuste los estomas lleva consigo una consecuencia negativa para la planta por la caída de hojas, aborto de flores y por ende una caída en el número de vainas.

3.3.5. Conductancia estomática después del riego

3.3.5.1. Conductancia estomática después del riego a los 20 días

El análisis de varianza para la conductancia estomática después del riego a los 20 días, mostro diferencias estadísticas altamente significativas en los tratamientos. El coeficiente de variación fue de 0.36%.

Tabla 17-3: Análisis de varianza para la conductancia estomática después del riego a los 20 días.

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	Significancia
Tratamientos	22088.56	3	7362.85	5862.92	<0.0001	**
Error	10.05	8	1.26			
Total	22098.61	11				
CV	0.36					

*: significativo (p <0.05); **: altamente significativo (p <0.01); ns: no significativo (P >0.05).

Realizado por: Ruiz, J.2022.

En la prueba de Tukey al 5% en la conductancia estomática después del riego a los 20 días del grafico 18-3, muestra diferencias en la comparación de medias entre todos los tratamientos, en primer lugar se encuentra goteo con una media de 347.57 mmol/m²s y ultimo el testigo con una media de 237.97 mmol/m²s.

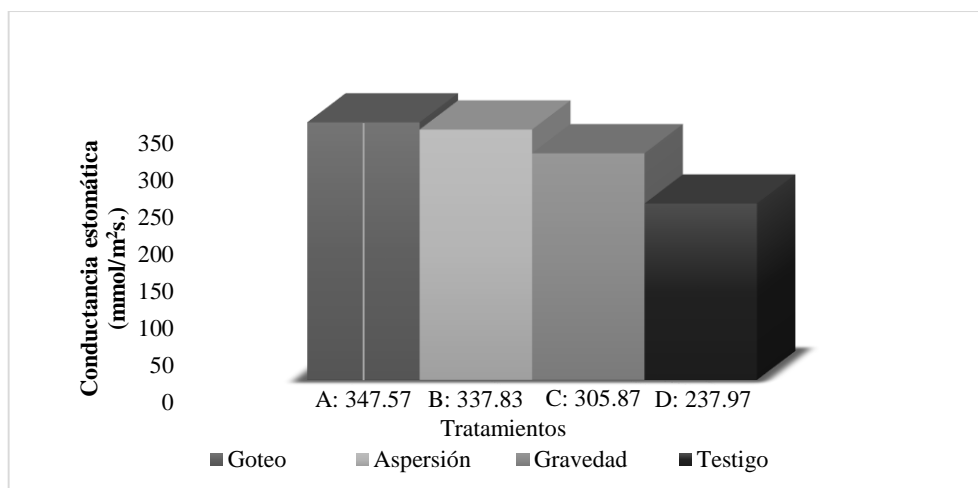


Gráfico 18-3. Conductancia estomática después del riego a los 20 días.

Realizado por: Ruiz, J.2022.

Luego de aplicar el riego en cada uno de los tratamientos, la conductancia estomática durante la etapa inicial correspondiente a los 20 días de desarrollo del cultivo muestra un ligero aumento en los valores para cada tratamiento tomados antes de regar, sin embargo, los tratamientos de aspersión y gravedad no aumentaron la apertura estomática como en goteo, lo que demuestra que estos dos métodos no son los apropiados para reponer en buena manera la humedad en el suelo.

3.3.5.2. Conductancia estomática después del riego a los 40 días

El análisis de varianza para la conductancia estomática después del riego a los 40 días, presento diferencias estadísticas altamente significativas para los tratamientos. El coeficiente de variación fue de 0.31%.

Tabla 18-3: Análisis de varianza para la conductancia estomática después del riego a los 40 días.

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	Significancia
Tratamientos	29965.91	3	9988.64	9988.64	<0.0001	**
Error		8	8	1		
Total	29973.91	11				
CV			0.31			

*: significativo (p <0.05); **: altamente significativo (p <0.01); ns: no significativo (P >0.05).

Realizado por: Ruiz, J.2022.

La prueba de Tukey al 5% para la conductancia estomática después del riego a los 40 días del grafico 19-3, presenta diferencias en todas sus medias, goteo con una media de 373.47 mmol/m²s y ultimo el testigo con una media de 242.7 mmol/m²s.

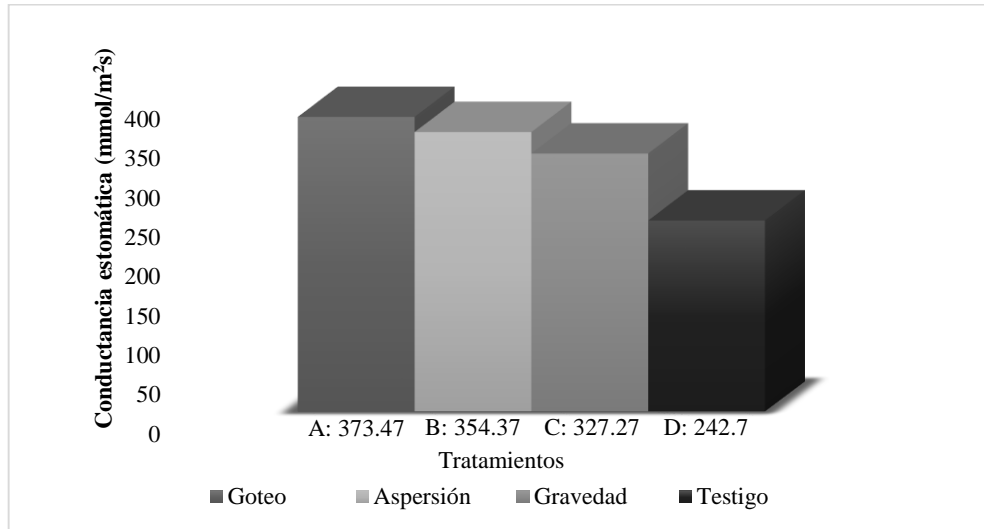


Gráfico 19-3. Conductancia estomática después del riego a los 40 días.

Realizado por: Ruiz, J.2022.

La conductancia estomática luego de aplicar el riego en la etapa de desarrollo que rodea los 40 días, muestra que goteo tiene más efecto en la apertura estomática que los demás tratamientos, esto sea posiblemente a una mejor distribución del agua en el cultivo.

3.3.5.3. Conductancia estomática después del riego a los 80 días

En análisis de varianza para la conductancia estomática después del riego a los 80 días, mostro diferencias estadísticas altamente significativas para los tratamientos. El coeficiente de variación fue de 0.31%.

Tabla 19-3: Análisis de varianza para la conductancia estomática después del riego a los 80 días.

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	Significancia
Tratamientos	25953.81	3	8651.27	7275.07	<0.0001	**
Error	9.51	8	1.19			
Total	25963.32	11				
CV	0.31					

*: significativo (p <0.05); **: altamente significativo (p <0.01); ns: no significativo (P >0.05).

Realizado por: Ruiz, J.2022.

Con la prueba de Tukey al 5% en la conductancia estomática después del riego a los 80 días del gráfico 20-3, presenta diferencias al comparar las medias de los tratamientos, por encima de los demás tratamientos se encuentra goteo con una media de 397.13 mmol/m²s y por debajo el testigo con una media de 274.8 mmol/m²s.

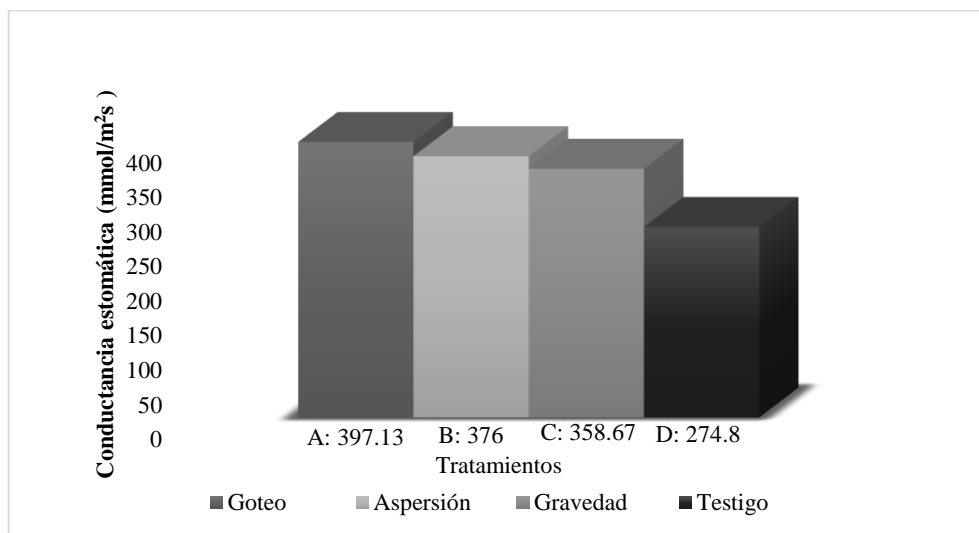


Gráfico 20-3. Conductancia estomática después del riego a los 80 días.

Realizado por: Ruiz, J.2022.

La conductancia estomática después del riego a los 80 días representa a la etapa intermedia para esta variable, durante este periodo se generan las mayores exigencias hídricas, por lo que un periodo de carencia de agua puede afectar gravemente el rendimiento del cultivo, con esto se observa que el método de riego por goteo influye directamente en la apertura estomática permitiéndole a la planta tener una buena interacción con el ambiente mediante la evapotranspiración, los demás tratamientos tienen un menor efecto como se muestra con el testigo donde se puede interpretar que esta con un estrés hídrico, donde tienen que cerrar sus estomas para retener la poca agua que disponen.

3.3.5.4. Conductancia estomática después del riego a los 120 días

El análisis de varianza en la conductancia estomática después del riego a los 120 días, presento diferencias estadísticas altamente significativas para los tratamientos. El coeficiente de variación fue de 0.28%.

Tabla 20-3: Análisis de varianza para la conductancia estomática después del riego a los 120 días.

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	Significancia
Tratamientos	19569.64	3	6523.21	5126.3	<0.0001	**
Error	10.18	8	1.27			
Total	19579.82	11				
CV	0.28					

*: significativo ($p < 0.05$); **: altamente significativo ($p < 0.01$); ns: no significativo ($P > 0.05$).

Realizado por: Ruiz, J.2022.

La prueba de Tukey al 5% para la conductancia estomática después del riego a los 120 días representada en el gráfico 21-3, presenta diferencias en la comparación de medias donde goteo es primero con una media de 460.3 mmol/m²s, seguido de aspersión y gravedad, mientras que el testigo se encuentra último con una media de 346.37 mmol/m²s.

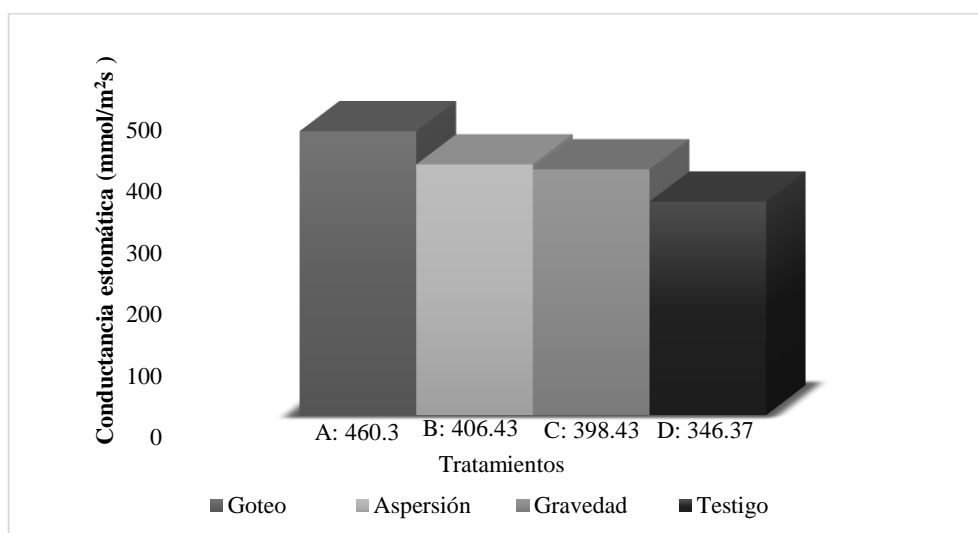


Gráfico 21-3. Conductancia estomática después del riego a los 120 días.

Realizado por: Ruiz, J.2022.

Durante la etapa final del cultivo de arveja, representada a los 120 días, es donde las vainas están en condiciones para ser cosechadas, el tratamiento que mejor mantiene las condiciones hídricas de la planta es goteo, en similares condiciones las mantiene aspersión, sin embargo en gravedad y el testigo no se repone de manera eficiente el agua, el uno por su baja eficiencia y el otro por la falta de agua de riego para suplir las necesidades hídricas.

Luego de haber realizado el riego el tratamiento que generó un aumento en la conductancia estomática es goteo, seguido de aspersión, explicando así que goteo genera mayor actividad fotosintética e intercambio gaseoso, según Hernández (2002, p. 5) uno de los factores que afectan a la apertura y cierre de estomas es el estrés hídrico, independientemente de la luz las células

guardianes son sensibles a la falta de agua respondiendo con el cierre de estomas y disminución de la conductancia estomática.

Pino, E. et al. (2019, p.2), indica que la cantidad de agua en el suelo limita la absorción de carbono y que a su vez puede restringir la conversión de biomasa, por lo que es necesario conocer el estado hídrico de la planta para sacar el máximo provecho de la actividad fisiológica y así tener buenos rendimientos, siendo posible optimizar la fotosíntesis con un correcto manejo de la apertura estomática.

3.3.6. *Potencial hídrico antes del riego*

3.3.6.1. *Potencial hídrico antes del riego a los 20 días*

El análisis de varianza para el potencial hídrico antes del riego a los 20 días, presento diferencias estadísticas altamente significativas para los tratamientos. Con un coeficiente de variación de 2.72%.

Tabla 21-3: Análisis de varianza para el estrés hídrico antes del riego a los 20 días.

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	Significancia
Tratamientos	11.22	3	3.74	109.42	<0.0001	**
Error	0.27	8	0.03			
Total	11.49	11				
CV	2.72					

*: significativo (p <0.05); **: altamente significativo (p <0.01); ns: no significativo (P >0.05).

Realizado por: Ruiz, J.2022.

En la prueba de Tukey al 5% para el potencial hídrico antes del riego a los 20 días del grafico 22-3, presenta tres grupos, goteo con una media de -5.5 bares, luego aspersion y gravedad que son estadísticamente iguales y el testigo con una media de -8.2 bares.

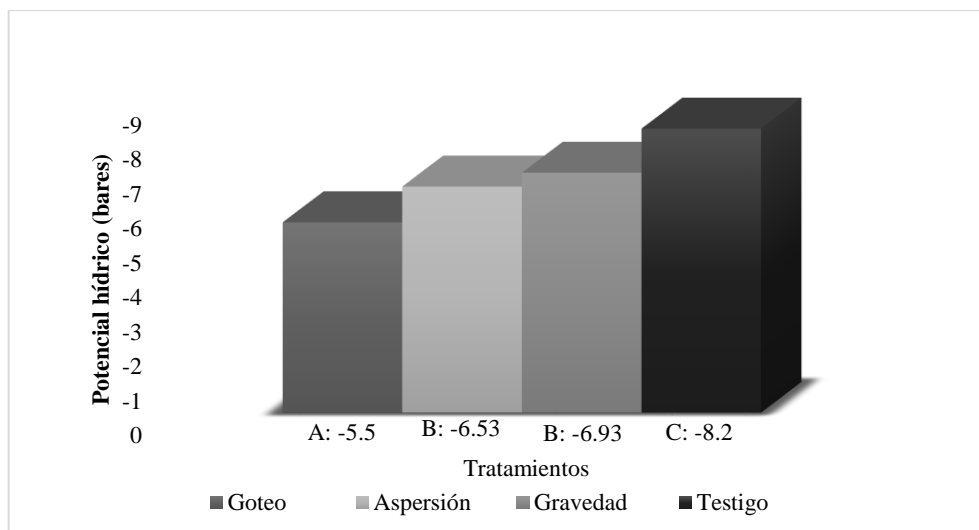


Gráfico 22-3. Potencial hídrico antes del riego a los 20 días.

Realizado por: Ruiz, J.2022.

Durante la etapa inicial representada a los 20 días, el potencial hídrico de las plantas en cada tratamiento es diferente, los valores mayores representan que las plantas están sometidas a un menor estrés hídrico, el tratamiento que menor genera un déficit hídrico en la planta es goteo y a medida que van disminuyendo estos valores el déficit se intensifica, los tratamientos que están sometidos a más estrés son gravedad y luego el testigo, demostrando que no son los indicados para suplir las necesidades de agua en el cultivo de arveja.

3.3.6.2. Potencial hídrico antes del riego a los 40 días

El análisis de varianza para el potencial hídrico antes del riego a los 40 días, presento diferencias estadísticas altamente significativas para los tratamientos. El coeficiente de variación fue de 2.35%.

Tabla 22-3: Análisis de varianza para el potencial hídrico antes del riego a los 40 días.

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	Significancia
Tratamientos	12.94	3	4.31	167.01	<0.0001	**
Error	0.21	8	0.03			
Total	13.15	11				
CV	2.35					

*: significativo ($p < 0.05$); **: altamente significativo ($p < 0.01$); ns: no significativo ($P > 0.05$).

Realizado por: Ruiz, J.2022.

La prueba de Tukey al 5% para el potencial hídrico antes del riego a los 40 días del gráfico 23-3, muestra diferencias en la comparación de medias en tres grupos, goteo con una media de -5.43

bares, aspersión y gravedad tienen medias similares, mientras que el testigo obtuvo una media de -8.37 bares.

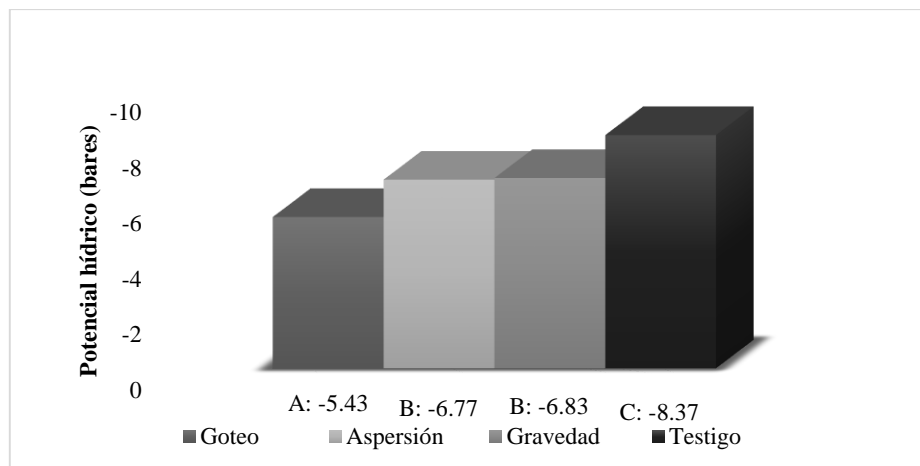


Gráfico 23-3. Potencial hídrico antes del riego a los 40 días.

Realizado por: Ruiz, J.2022.

Durante la etapa de vegetativa o desarrollo en el cultivo de arveja, el potencial hídrico representado a los 40 días muestra un efecto directo de los métodos de riego para disminuir el estrés hídrico en las plantas, antes de realizar el riego el método que mantuvo en mejores condiciones de humedad el suelo durante 3 o 4 días de frecuencia de riego según la programación fue goteo, tanto aspersión y gravedad tienen valores similares de potencial hídrico posiblemente a la deficiente distribución del agua.

3.3.6.3. Potencial hídrico antes del riego a los 80 días

El análisis de varianza para el estrés hídrico antes del riego a los 80 días, mostro diferencias estadísticas altamente significativas en los tratamientos. El coeficiente de variación fue de 1.52%.

Tabla 23-3: Análisis de varianza para el potencial hídrico antes del riego a los 80 días.

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	Significancia
Tratamientos	10.35	3	3.45	258.83	<0.0001	**
Error	0.11	8	0.01			
Total	10.46	11				
CV	1.52					

*: significativo ($p < 0.05$); **: altamente significativo ($p < 0.01$); ns: no significativo ($P > 0.05$).

Realizado por: Ruiz, J.2022.

Con la prueba de Tukey al 5% para el potencial hídrico antes del riego a los 80 días del gráfico 24-3, se evidencian diferencias en la comparación de medias entre todos los tratamientos,

ubicando primero a goteo con una media de -6.47 bares y ultimo el testigo con una media de -9.03 bares.

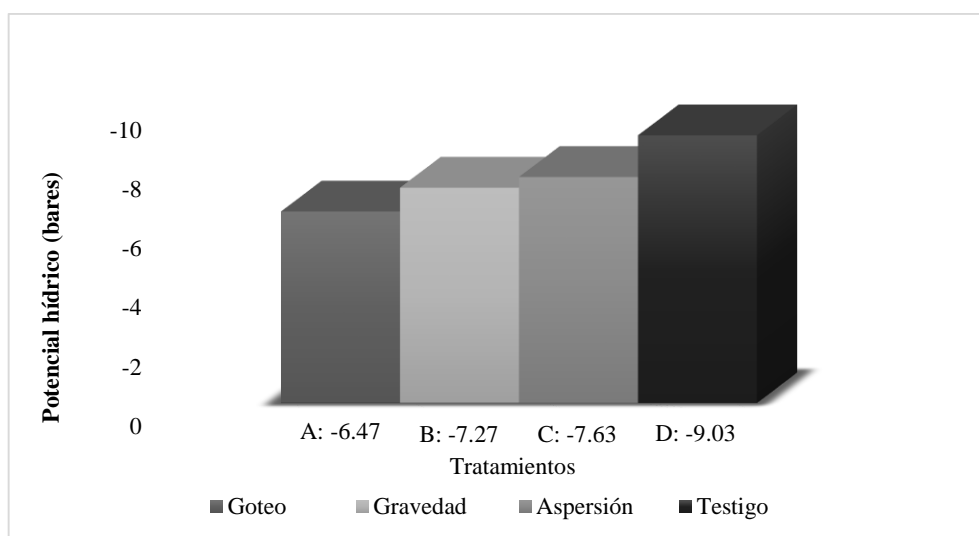


Gráfico 24-3. Potencial hídrico antes del riego a los 80 días.

Realizado por: Ruiz, J.2022.

El potencial hídrico obtenido en cada tratamiento antes del riego durante la etapa intermedia es diferente para cada método de riego, el método de riego que mantuvo en mejores condiciones la humedad fue goteo, los demás tratamientos estaban por el límite del potencial hídrico para generar un estrés en la planta, excepto el testigo que con los valores indicados se encontraba con estrés a la espera de las precipitaciones.

3.3.6.4. Potencial hídrico antes del riego a los 120 días

El análisis de varianza en el potencial hídrico antes del riego a los 120 días, presento diferencias estadísticas altamente significativas para los tratamientos. Con un coeficiente de variación de 1.44%.

Tabla 24-3: Análisis de varianza para el potencial hídrico antes del riego a los 120 días.

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	Significancia
Tratamientos	9.08	3	3.03	227.06	<0.0001	**
Error	0.11	8	0.01			
Total	9.19	11				
CV	1.44					

*: significativo ($p < 0.05$); **: altamente significativo ($p < 0.01$); ns: no significativo ($P > 0.05$).

Realizado por: Ruiz, J.2022.

La prueba de Tukey al 5% para el estrés hídrico antes del riego a los 120 días del gráfico 25-3, presento cuatro grupos diferentes, primero goteo con una media de -6.93 bares y ultimo el testigo con una media de -9.3 bares.

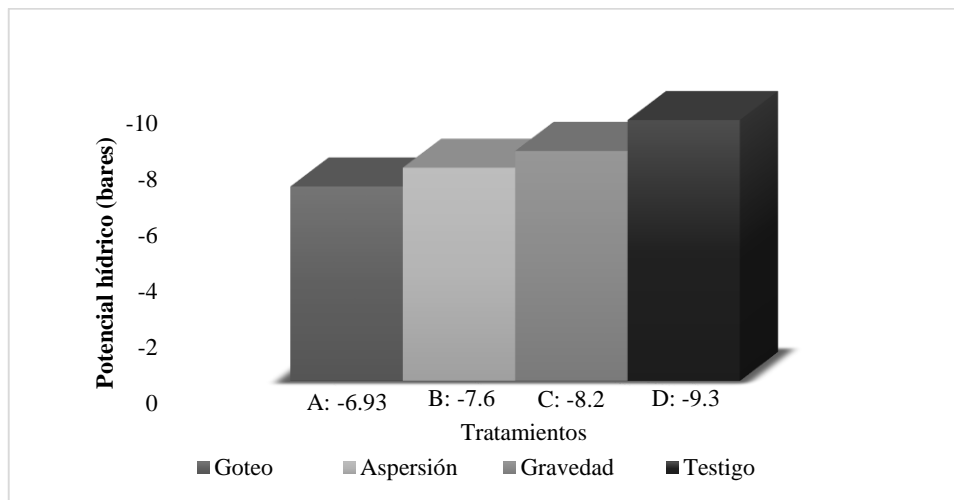


Gráfico 25-3. Potencial hídrico antes del riego a los 120 días.

Realizado por: Ruiz, J.2022.

Durante la etapa final del ciclo de cultivo el potencial hídrico representado a los 120 días, se presentan diferencias para todos los tratamientos, el método de riego con mayor déficit hídrico fue gravedad, donde se observa que durante el tiempo que hay entre un riego a otro este método no satisface las necesidades de agua de las plantas al presentar estrés antes del riego, mientras que goteo y aspersión aún mantienen la humedad suficiente para no generar estrés en las plantas.

Los datos obtenidos antes del riego nos dan a conocer el estado hídrico de la planta y se puede observar que todos los métodos de riego se encuentran con cierto estrés hídrico que es mayor en el tratamiento sin riego o testigo, seguido del tratamiento de gravedad y con menos estrés los tratamientos de goteo y aspersión, valores entre los 6 o 7 bares representan un leve estrés, mientras que los valores entre 9 o más bares expresan un alto estrés hídrico siendo los 15 bares o 1.5 Mpa el punto de marchitez permanente para la mayoría de especies vegetales, esto concuerda con Hernández (2002, p. 5), donde también indica que al reducir la humedad en el suelo, la tasa de respiración disminuye y en conjunto el potencial hídrico de la raíz disminuye produciendo también una disminución del potencial hídrico de la hoja que se expresa con la pérdida de turgencia de las células.

3.3.7. Potencial hídrico después del riego

3.3.7.1. Potencial hídrico después del riego a los 20 días

El análisis de varianza para el potencial hídrico después del riego a los 20 días, presento diferencias estadísticas altamente significativas para los tratamientos. El coeficiente de variación fue de 2.1%.

Tabla 25-3: Análisis de varianza para el potencial hídrico después del riego a los 20 días.

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	Significancia
Tratamientos	90.18	3	30.06	4508.79	<0.0001	**
Error	0.05	8	0.01			
Total	90.23	11				
CV	2.1					

*: significativo ($p < 0.05$); **: altamente significativo ($p < 0.01$); ns: no significativo ($P > 0.05$).

Realizado por: Ruiz, J.2022.

En la prueba de Tukey al 5% en el potencial hídrico después del riego a los 20 días del grafico 26-3, se mostraron diferencias al comparar las medias de todos los tratamientos, primero goteo con una media de -1.03 bares, luego aspersión seguido de gravedad y al final el testigo con una media de -8.2 bares.

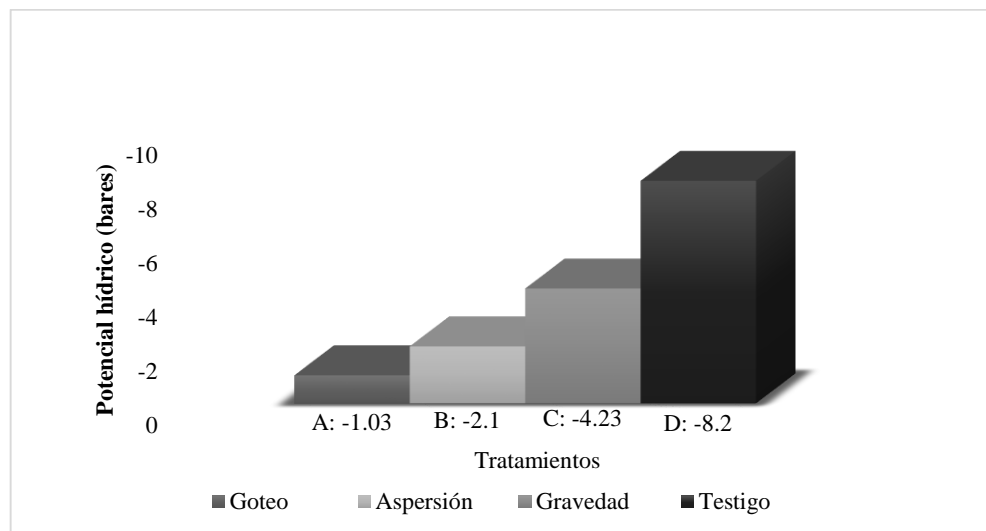


Gráfico 26-3. Potencial hídrico después del riego a los 20 días.

Realizado por: Ruiz, J.2022.

El potencial hídrico después del riego en la etapa inicial está representada a los 20 días en el cultivo de arveja, luego de tomar las lecturas en horas de la tarde, el método de riego más eficiente para disminuir el estrés hídrico en las plantas es goteo al presentar los valores más bajos en el

potencial hídrico de la hoja, seguido por aspersión, gravedad no reduce completamente el déficit de agua en la planta, mientras que el testigo está sometido al estrés hídrico al no proporcionarle riego.

3.3.7.2. Potencial hídrico después del riego a los 40 días

El análisis de varianza para el potencial hídrico después del riego a los 40 días, mostro diferencias estadísticas altamente significativas entre tratamientos. El coeficiente de variación fue de 2.49%.

Tabla 26-3: Análisis de varianza para el potencial hídrico después del riego a los 40 días.

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	Significancia
Tratamientos	92.54	3	30.85	3364.97	<0.0001	**
Error	0.07	8	0.01			
Total	92.61	11				
CV	2.49					

*: significativo ($p < 0.05$); **: altamente significativo ($p < 0.01$); ns: no significativo ($P > 0.05$).

Realizado por: Ruiz, J.2022.

La prueba de Tukey al 5% en el potencial hídrico después del riego a los 40 días del grafico 27-3, evidencia diferencias en la comparación de medias entre todos los tratamientos, goteo con una media de -1 bares, luego aspersión y gravedad, mientras que el testigo se encuentra al final con una media de -8.37 bares.

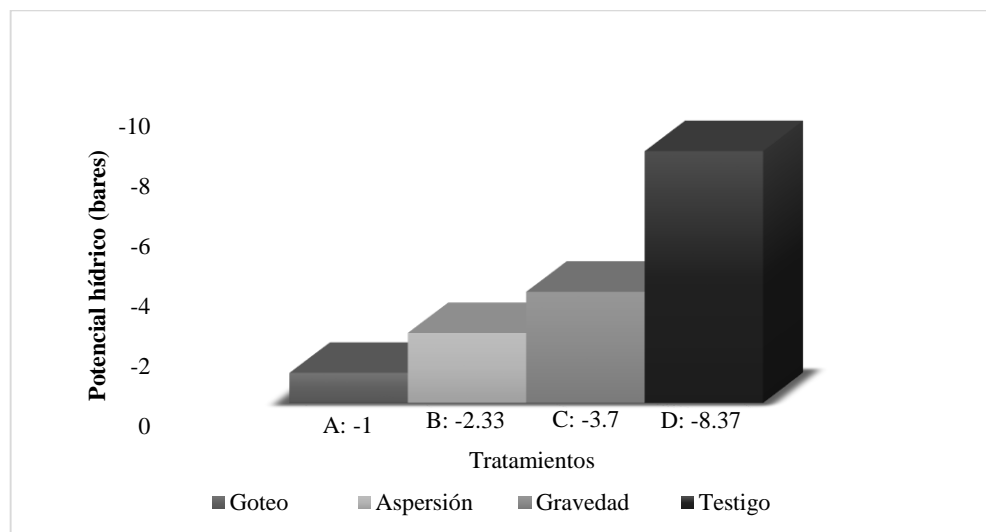


Gráfico 27-3. Potencial hídrico después del riego a los 40 días.

Realizado por: Ruiz, J.2022.

Durante la etapa de desarrollo representada a los 40 días, el potencial hídrico después del riego sigue siendo bajo en el tratamiento de goteo reduciendo casi totalmente las condiciones de estrés generada por la falta de agua, los tratamientos de aspersión y gravedad no son tan eficientes a la hora de brindar las condiciones óptimas de humedad a la planta, esto se deba posiblemente a que existe una mayor cobertura foliar a la hora del riego en aspersión que en la anterior etapa, impidiendo la llegada del agua a la zona radicular, mientras que en gravedad pueden haber zonas del surco donde no se halla mojado completamente la zona de las raíces.

3.3.7.3. Potencial hídrico después del riego a los 80 días

El análisis de varianza para el potencial hídrico después del riego a los 80 días, presento diferencias estadísticas altamente significativas entre tratamientos. El coeficiente de variación fue de 2.69%.

Tabla 27-3: Análisis de varianza para el potencial hídrico después del riego a los 80 días.

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	Significancia
Tratamientos	103.31	3	34.44	2754.91	<0.0001	**
Error	0.1	8	0.01			
Total	103.41	11				
CV	2.69					

*: significativo ($p < 0.05$); **: altamente significativo ($p < 0.01$); ns: no significativo ($P > 0.05$).

Realizado por: Ruiz, J.2022.

Con la prueba de Tukey al 5% en el potencial hídrico después del riego a los 80 días del grafico 28-3, presenta cuatro grupos, goteo con una media de -1.3 bares, seguido de aspersión y gravedad, dejando último al testigo con una media de -9.03 bares.

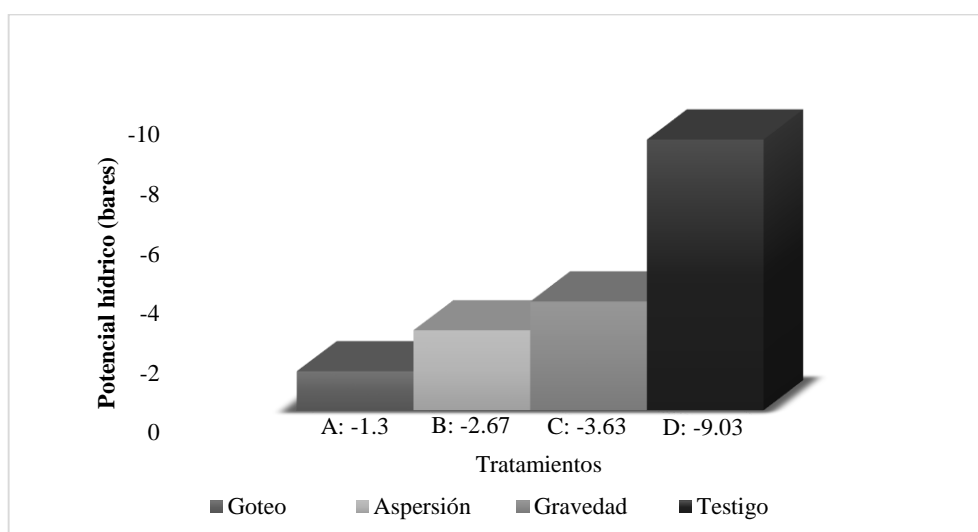


Gráfico 28-3. Potencial hídrico después del riego a los 80 días.

Realizado por: Ruiz, J.2022.

El potencial hídrico después del riego durante la etapa intermedia correspondiente a los 80 días del ciclo de cultivo, los valores llegan a ser más elevado que en etapas anteriores, posiblemente a las mayores exigencias de agua del cultivo durante esta etapa crítica en el desarrollo, se puede observar un efecto de los métodos de riego sobre el estado hídrico de la planta de arveja donde goteo lleva la ventaja sobre los demás tratamientos.

3.3.7.4. Potencial hídrico después del riego a los 120 días

El análisis de varianza para el potencial hídrico después del riego a los 120 días, presento diferencias estadísticas altamente significativas en los tratamientos. El coeficiente de variación fue de 3.09%.

Tabla 28-3: Análisis de varianza para el potencial hídrico después del riego a los 120 días.

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	Significancia
Tratamientos	95.64	3	31.88	3477.82	<0.0001	**
Error	0.05	8	0.01			
Total	95.81	11				
CV	3.09					

*: significativo ($p < 0.05$); **: altamente significativo ($p < 0.01$); ns: no significativo ($P > 0.05$).

Realizado por: Ruiz, J.2022.

La Prueba de Tukey al 5% para el potencial hídrico después del riego a los 120 días del grafico 29-3, presento diferencias entre medias para todos los tratamientos, goteo con una media de -1.77 bares y al final el testigo con una media de -9.3 bares.

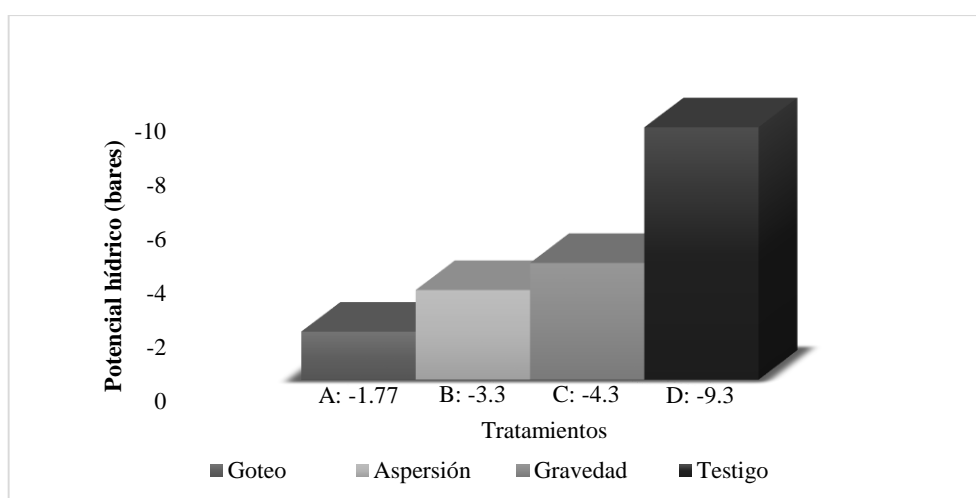


Gráfico 29-3. Potencial hídrico después del riego a los 120 días.

Realizado por: Ruiz, J.2022.

El potencial hídrico en la etapa final del ciclo de cultivo en arveja representada a los 120 días, muestra la influencia de los métodos de riego sobre el estado hídrico de la planta, tanto goteo como aspersión son efectivos para suplir las necesidades de agua de la planta, sin embargo, las diferencias entre los tratamientos serán influyentes en el rendimiento total del cultivo.

Luego de aplicar el riego en cada uno de los métodos de riego, el tratamiento que más efectivo en reducir el estrés hídrico de las plantas es goteo con valores bajos entre 1 u 2 bares durante el ciclo de cultivo y el tratamiento menos efectivo es gravedad con valores entre 3 o 5 bares, el testigo sin riego se mantiene constantemente con estrés hídrico al depender solo de las precipitaciones, estos valores concuerdan por lo dicho por Muñoz (2016, p. 39) donde el potencial hídrico en las hojas se encuentra con valores de -2.7 bares aproximadamente por el agua que circula en el xilema.

3.3.8. Contenido relativo de agua (WRC)

El análisis de varianza para el contenido relativo de agua, presento diferencias estadísticas altamente significativas entre tratamientos. El coeficiente de variación fue de 1.66%.

Tabla 29-3: Análisis de varianza para el contenido relativo de agua.

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	Significancia
Tratamientos	1109.24	3	369.75	224.86	<0.0001	**
Error	13.15	8	1.64			
Total	1122.39	11				
CV	1.66					

*: significativo (p <0.05); **: altamente significativo (p <0.01); ns: no significativo (P >0.05).

Realizado por: Ruiz, J.2022.

En la prueba de Tukey al 5% para el contenido relativo de agua del grafico 30-3, se pueden evidenciar diferencias al comparar todas las medias, primero goteo con un valor de 89.95% seguido por aspersión y gravedad, mientras que el testigo al final con una media de 64.96%.

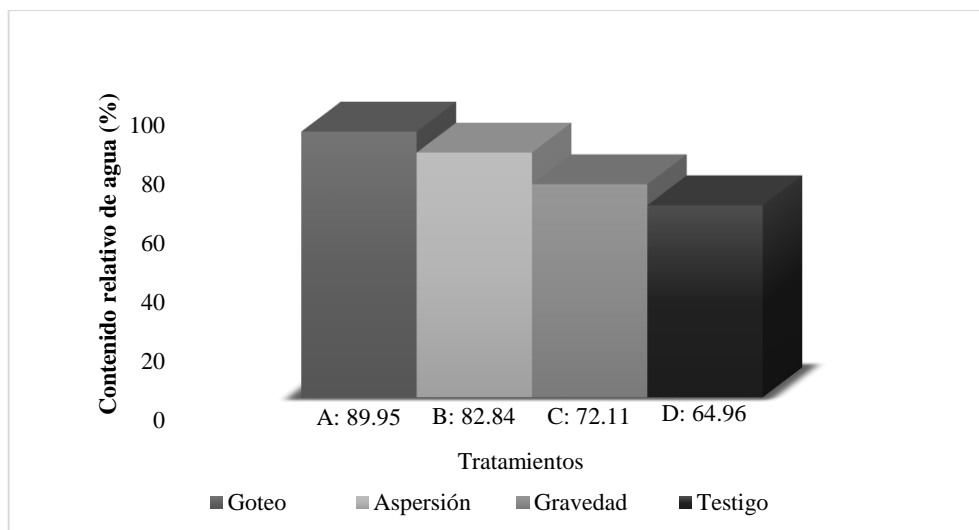


Gráfico 30-3. Contenido relativo de agua.

Realizado por: Ruiz, J.2022.

Durante el ciclo de cultivo todos los tratamientos tuvieron diferentes condiciones de humedad según el tipo de riego, las variaciones se pueden observar en el contenido relativo de agua, donde las plantas en goteo contienen en general más agua que los demás tratamientos, mientras que el tratamiento del testigo que estuvo sometido a un mayor estrés hídrico durante el ciclo de cultivo muestra un bajo contenido relativo de agua.

El contenido relativo mencionado por Ali, E (2018: p.42), es un indicador del estado hídrico actual de la planta y está relacionado con la capacidad máxima de almacenamiento de agua, los valores presentados por la investigación expresan que para el testigo las células están al 64.96% de su capacidad con agua, mientras que en el tratamiento de goteo las plantas están casi en su máxima capacidad de retención de agua en sus tejidos con un 89.95%.

El tratamiento con mayor contenido relativo de agua es goteo con alrededor del 90% y concuerda con Pérez (2017, p. 49) donde menciona que el contenido de agua en las hojas se encuentra entre el 77 y 98%, los tratamientos con menor contenido de agua fueron gravedad y el testigo, posiblemente por las bajas condiciones hídricas del suelo durante el ciclo de cultivo.

3.3.9. *Materia seca*

3.3.9.1. *Materia seca de la vaina*

El análisis de varianza para la materia seca de la vaina, mostro diferencias estadísticas altamente significativas para los tratamientos. Con un coeficiente de variación de 3.43%.

Tabla 30-3: Análisis de varianza para la materia seca de la vaina.

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	Significancia
Tratamientos	821.57	3	273.86	489.93	<0.0001	**
Error	4.47	8	0.56			
Total	826.04	11				
CV	3.43					

*: significativo ($p < 0.05$); **: altamente significativo ($p < 0.01$); ns: no significativo ($P > 0.05$).

Realizado por: Ruiz, J.2022.

La prueba de Tukey al 5% para la materia seca de la vaina presentada en el gráfico 31-3, muestra diferencias en la comparación de medias entre todos los tratamientos, primero el testigo con una media de 34.2%, luego gravedad y aspersion, mientras que goteo al final con una media de 11.6%.

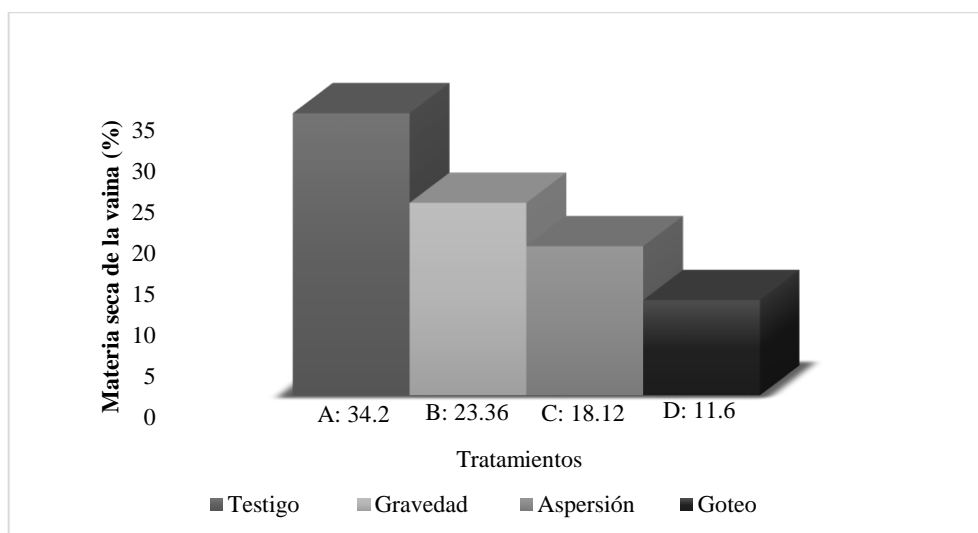


Gráfico 31-3. Materia seca de la vaina.

Realizado por: Ruiz, J.2022.

El contenido de materia seca de la vaina es superior en los tratamientos que estuvieron sometidos a un mayor estrés hídrico durante su ciclo de cultivo, mientras que goteo contiene alrededor del 88% de agua en sus semillas, cabe recalcar que las vainas en los tratamientos de gravedad y testigo eran de menor tamaño, blandas y resacas cuando se tomó la lectura y al momento de comercializar se rejudó su valor.

3.3.9.2. Materia seca de la planta

El análisis de varianza en la materia seca de la planta, mostro diferencias estadísticas altamente significativas entre tratamientos. El coeficiente de variación fue de 4.43%.

Tabla 31-3: Análisis de varianza para la materia seca de la planta.

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	Significancia
Tratamientos	312.72	3	104.24	114.29	<0.0001	**
Error	7.3	8	0.91			
Total	320.02	11				
CV	4.43					

*: significativo ($p < 0.05$); **: altamente significativo ($p < 0.01$); ns: no significativo ($P > 0.05$).

Realizado por: Ruiz, J.2022.

En la prueba de Tukey al 5% para la materia seca de la planta del gráfico 32-3, presenta cuatro grupos, el testigo con una media de 29.58%, luego gravedad seguido de aspersión y al final goteo con una media de 16.88%.

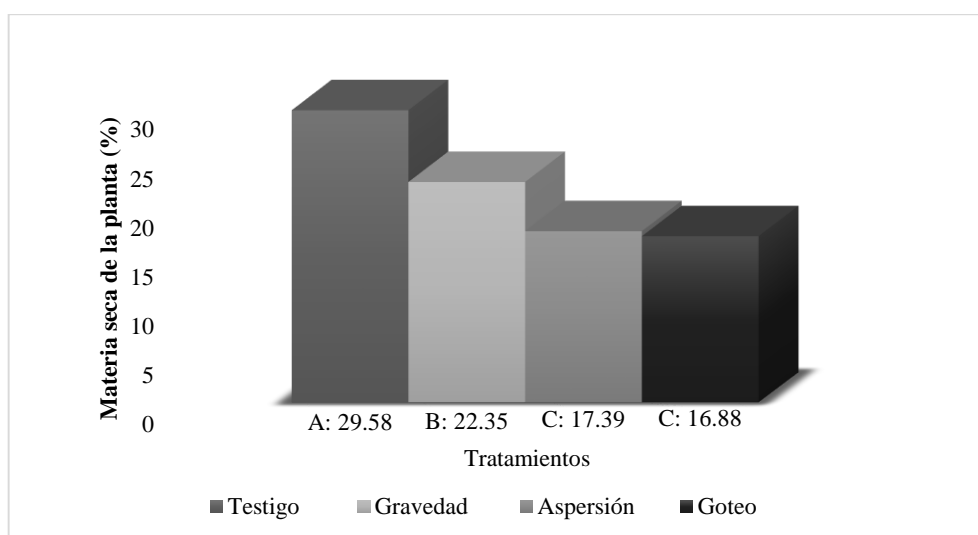


Gráfico 32-3. Materia seca de la planta.

Realizado por: Ruiz, J.2022.

La materia seca de la planta se diferencia a la materia seca de las vainas, tanto aspersión y goteo tienen el mismo porcentaje de materia seca, mientras que el tratamiento con mayor valor fue el testigo, demostrando que el contenido de agua de agua en los dos últimos tratamientos es mayor.

El contenido de materia seca es superior en el testigo sin riego posiblemente por la falta de agua durante el periodo de llenado de vainas, es por esta razón que el tamaño de vainas y granos es menor en el testigo en comparación al tratamiento de goteo y aspersión, el porcentaje de materia seca de las vainas en el testigo y gravedad es similar a los obtenido por Gastelú (2021, p. 91) con una media de 30.21% para la materia seca en vaina verde de arveja.

El porcentaje de materia seca de la vaina o planta es el resultado de la fotosíntesis que haya ejercido la planta durante el ciclo de cultivo, la disminución de la materia seca se debe

principalmente a una correcta translocación de foto asimilados a sus órganos reproductivos como las vainas y semillas cuando estas han entrado en madurez fisiológica, provocando la caída de hojas y la senescencia, en el caso de los tratamientos con déficit hídrico este transporte de biomasa se ve afectado (Ildefonso, R. et al. 2018, p. 4).

3.3.10. Rendimiento

3.3.10.1. Rendimiento en kg por parcela neta

El análisis de varianza para el rendimiento de la parcela neta en kg/ha, presento diferencias estadísticas altamente significativas entre tratamientos. El coeficiente de variación fue de 0.52%.

Tabla 32-3: Análisis de varianza para el rendimiento en kg por parcela neta.

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	Significancia
Tratamientos	47963.58	3	15987.86	23981.79	<0.0001	**
Error	5.33	8	0.67			
Total	47968.92	11				
CV	0.52					

*: significativo (p <0.05); **: altamente significativo (p <0.01); ns: no significativo (P >0.05).

Realizado por: Ruiz, J.2022.

Las comparaciones ortogonales para el rendimiento en kilogramos por parcela neta, presento diferencias altamente significativas entre los tratamientos, el tratamiento con mayor rendimiento por parcela neta fue goteo con una media de 236.67 kg, seguido por aspersión, luego gravedad y por último el testigo sin riego con una media de 65.67 kg.

Tabla 33-3: Comparaciones ortogonales para el rendimiento en kg por parcela neta.

Tratamientos	SC	gl	CM	F	p-valor	Significancia
Goteo vs aspersión	3700.17	1	3700.17	4296.97	<0.0001	**
Goteo-aspersión vs gravedad	11200.06	1	11200.06	13006.52	<0.0001	**
Gravedad vs testigo	7632.67	1	7632.67	8863.74	<0.0001	**
Total	47963.58	3	15987.86	18566.55	<0.0001	

*: significativo (p <0.05); **: altamente significativo (p <0.01); ns: no significativo (P >0.05).

Realizado por: Ruiz, J.2022.

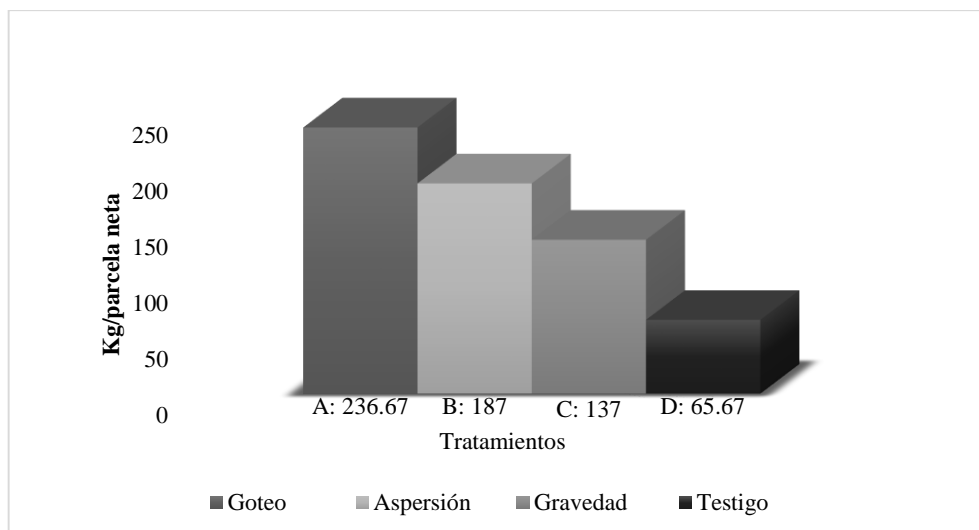


Gráfico 33-3. Rendimiento en kilogramos por parcela neta.

Realizado por: Ruiz, J.2022.

Se puede observar que el rendimiento por parcela neta es mayor en goteo y luego en aspersión, lo que demuestra la lógica en las variables agronómica investigadas anteriormente, donde goteo obtiene mayor número de hojas, diámetro del tallo, conductancia estomática y menor estrés hídrico, se evidencia el efecto que tienen los métodos de riego sobre el rendimiento del cultivo.

3.3.10.2. Rendimiento en kg/ha

El análisis de varianza para el rendimiento en kg/ha, presento diferencias estadísticas altamente significativas para los tratamientos. El coeficiente de variación fue de 0.53%.

Tabla 34-3: Análisis de varianza para el rendimiento en kilogramos por hectárea.

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	Significancia
Tratamientos	210816086	3	70272028.5	16816.46	<0.0001	**
Error	33430.11	8	4178.76			
Total	210849516	11				
CV			0.53			

*: significativo ($p < 0.05$); **: altamente significativo ($p < 0.01$); ns: no significativo ($P > 0.05$).

Realizado por: Ruiz, J.2022.

Las comparaciones ortogonales para el rendimiento en kilogramos por hectárea, mostro diferencias altamente significativas entre los tratamientos, el tratamiento con menor rendimiento en kilogramos por hectárea fue el testigo con una media de 6437.91 kg/ha, luego el tratamiento de gravedad, posteriormente el tratamiento de aspersión y el tratamiento con mayor rendimiento en kilogramos por hectárea fue goteo con una media de 18079.96 kg/ha.

Tabla 35-3: Comparaciones ortogonales para el rendimiento en kilogramos por hectárea.

Tratamientos	SC	gl	CM	F	p-valor	Significancia
Goteo vs aspersión	34953948.3	1	34953948.3	6479.29	<0.0001	**
Goteo-aspersión vs gravedad	43144556.4	1	43144556.39	7997.56	<0.0001	**
Gravedad vs testigo	31516971.2	1	31516971.17	5842.19	<0.0001	**
Total	210816086	3	70272028.53	13026.08	<0.0001	

*: significativo ($p < 0.05$); **: altamente significativo ($p < 0.01$); ns: no significativo ($P > 0.05$).

Realizado por: Ruiz, J.2022

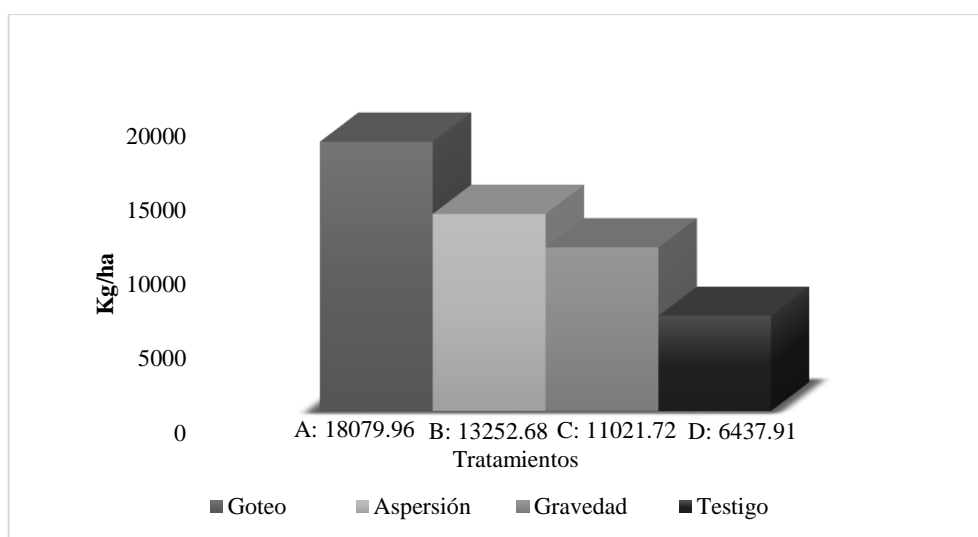


Gráfico 34-3. Rendimiento en kilogramos por hectárea.

Realizado por: Ruiz, J.2022.

Una vez cosechados los tratamientos, los rendimientos obtenidos se los expresa en la unidad de kg/ha, donde goteo destaca sobre los demás tratamientos teniendo una mejor presentación de las vainas en tamaño y forma, con un mejor llenado con alrededor de 7 a 9 semillas por vaina, aspersión también tiene un buen rendimiento, sin embargo, las características de la vaina no fueron las ideales en la comercialización, al tener presencia de enfermedades provocadas por la caída del agua sobre la cobertura vegetal, donde también se presentaron inconvenientes por la caída de flores al realizar el riego.

El tratamiento con mayor rendimiento fue goteo, considerando que es un variedad híbrida los rendimientos son altos como a los obtenidos por Castillo (2018, pp. 26-27) con un rendimiento 17152 kg/ha para la variedad Quantum y similares al tratamiento por goteo, mientras que un rendimiento promedio para esta variedad lo señala Rodríguez (2015, pp. 43-44) con 10403 kg/ha para la misma variedad y concuerda con lo obtenido en los tratamientos de aspersión y gravedad,

mientras que el tratamiento sin riego obtiene un rendimiento por debajo de la media con 6437.91 kg/ha.

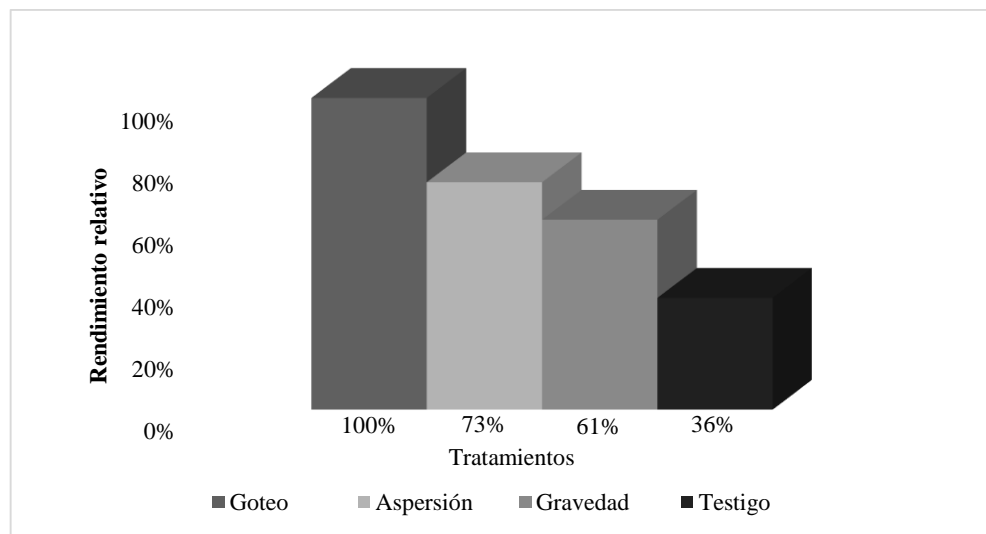


Gráfico 35-3. Rendimiento relativo por tratamiento considerando 18 T/ha.

Realizado por: Ruiz, J.2022.

Luego de haber analizado los resultados de rendimiento, el tratamiento de goteo llegó a la meta de rendimiento llegando a obtener el 100%, el tratamiento de aspersión llega a obtener el 73% del total de rendimiento, el tratamiento de gravedad llega a obtener el 61% y finalmente el tratamiento sin riego o testigo con el 36% del objetivo de rendimiento que fue 18 T/ha.

Según Hipólito, M. et al (2007, p.10), cuando se relaciona el agua aplicada con el rendimiento se está hablando de la eficiencia del uso del agua (EUA) que lo define como la cantidad de agua que las plantas necesitan consumir para incorporar CO_2 a sus tejidos. El EUA está limitado por algunos factores como optimización en la asimilación del carbono y la evapotranspiración del cultivo, para este caso uno de los parámetros para estimar el uso eficiente del agua en el cultivo de arveja en base al riego y precipitaciones es el rendimiento total, se evidencia que el método de riego por goteo hace un uso más eficiente del agua al aplicar un menor volumen de agua y tener el mayor rendimiento.

3.3.11. Huella hídrica

3.3.11.1. Huella hídrica azul

El análisis de varianza para la huella hídrica azul, presento diferencias estadísticas altamente significativas para los tratamientos. El coeficiente de variación fue de 0.81%.

Tabla 36-3: Análisis de varianza para la huella hídrica azul.

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	Significancia
Tratamientos	77948.04	3	25982.68	32486.41	<0.0001	**
Error	6.4	8	0.8			
Total	77954.44	11				
CV	0.81					

*: significativo (p <0.05); **: altamente significativo (p <0.01); ns: no significativo (P >0.05).

Realizado por: Ruiz, J.2022.

Las comparaciones ortogonales para la huella hídrica azul, mostro diferencias altamente significativas entre los tratamientos, el tratamiento con mayor huella hídrica azul fue gravedad con una media de 223.84 L/kg y el tratamiento con menor huella hídrica azul es goteo con una media de 87.22 L/kg, el testigo no se toma en consideración al no aplicarle riego.

Tabla 37-3: Comparaciones ortogonales para la huella hídrica azul.

Tratamientos	SC	gl	CM	F	p-valor	Significancia
Goteo vs aspersión	2757.63	1	2757.63	3010.66	<0.0001	**
Gravedad vs aspersión	13181.71	1	13181.71	14391.22	<0.0001	**
Goteo-aspersión vs gravedad	26533.65	1	26533.65	28968.29	<0.0001	**
Total	29291.28	2	14645.64	15989.47	<0.0001	

*: significativo (p <0.05); **: altamente significativo (p <0.01); ns: no significativo (P >0.05).

Realizado por: Ruiz, J.2022.

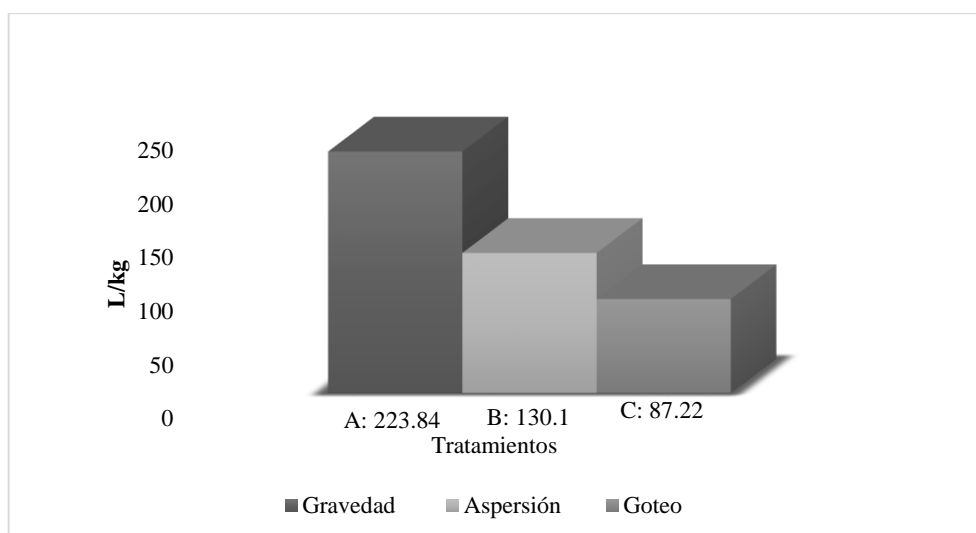


Gráfico 36-3. Huella hídrica azul.

Realizado por: Ruiz, J.2022.

En lo que agua de riego se refiere, la huella hídrica azul representada en el gráfico 36-3, el método de riego por gravedad emplea mucha más agua para producir 1 kg de vainas, los volúmenes de agua aplicados en goteo fueron menores a los demás tratamientos con riego y donde el rendimiento fue mayor, demostrando que goteo reduce y aumenta la eficiencia del agua en las plantas para aumentar su productividad.

3.3.11.2. Huella hídrica verde

El análisis de varianza en la huella hídrica verde, mostro diferencias estadísticas altamente significativas para los tratamientos. Con un coeficiente de variación de 0.84%.

Tabla 38-3: Análisis de varianza para la huella hídrica verde.

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	Significancia
Tratamientos	79001.75	3	26333.92	8965.42	<0.0001	**
Error	23.5	8	2.94			
Total	79025.25	11				
CV	0.84					

*: significativo (p <0.05); **: altamente significativo (p <0.01); ns: no significativo (P >0.05).

Realizado por: Ruiz, J.2022.

Las comparaciones ortogonales para la huella hídrica verde, mostro diferencias altamente significativas entre todos los tratamientos, el tratamiento con mayor huella hídrica verde fue el testigo con una media de 336.45 L/kg, esto debido a los bajos rendimientos obtenidos en este tratamiento y el tratamiento con menor huella hídrica fue goteo con una media de 119.8 L/kg.

Tabla 39-3: Comparaciones ortogonales para la huella hídrica verde.

Tratamientos	SC	gl	CM	F	p-valor	Significancia
Gravedad vs aspersión	1642.09	1	1642.09	484.79	<0.0001	**
Aspersión vs goteo	2856.24	1	2856.24	843.24	<0.0001	**
Aspersión-goteo vs gravedad vs testigo	46776.3	1	46776.3	13809.63	<0.0001	**
Total	79001.75	3	26333.92	7774.49	<0.0001	

*: significativo (p <0.05); **: altamente significativo (p <0.01); ns: no significativo (P >0.05).

Realizado por: Ruiz, J.2022.

En el gráfico 37-3, se puede observar el aprovechamiento del agua de lluvias sobre cada uno de los tratamientos, el tratamiento sin riego o testigo necesito alrededor de 336.45 litros de agua para producir 1 kg de vainas, mientras que goteo influyo en un uso más eficiente del agua al hacer que

las plantas necesiten 119.8 litros de agua para producir 1 kg de vaina verde, siendo mucho menor que los demás tratamientos.

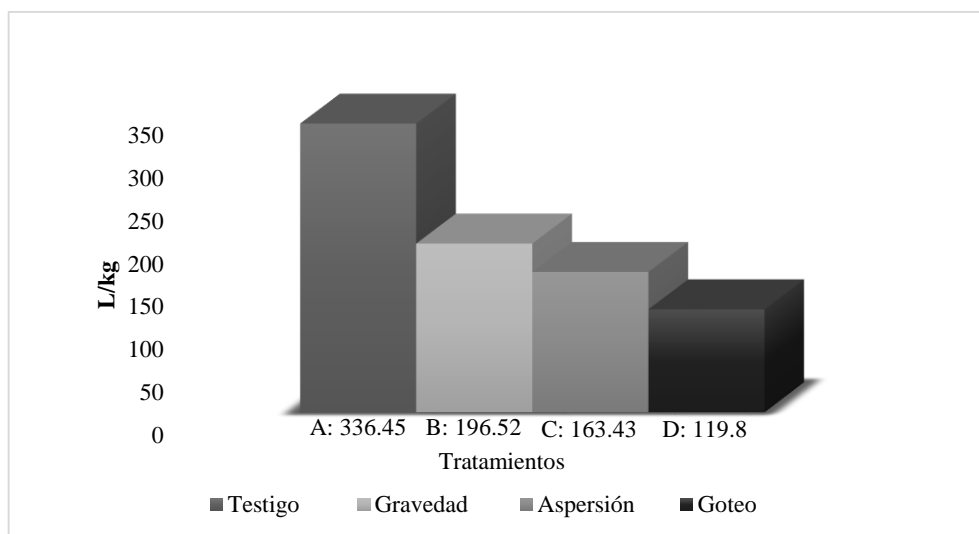


Gráfico 37-3. Huella hídrica verde.

Realizado por: Ruiz, J.2022.

3.3.11.3. Huella hídrica con materia seca

El análisis de varianza para la huella hídrica con materia seca, determino diferencias estadísticas altamente significativas para los tratamientos. El coeficiente de variación fue de 3.29%.

Tabla 40-3: Análisis de varianza para la huella hídrica con materia seca.

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	Significancia
Tratamientos	1142390.36	3	380796.79	159.48	<0.0001	**
Error	19101.7	8	2387.71			
Total	1161492.07	11				
CV						3.29

*: significativo ($p < 0.05$); **: altamente significativo ($p < 0.01$); ns: no significativo ($P > 0.05$).

Realizado por: Ruiz, J.2022.

Las comparaciones ortogonales para la huella hídrica con materia seca presentaron diferencias altamente significativas al comparar el tratamiento de goteo vs gravedad, también al comparar los tratamientos de goteo con aspersión vs gravedad con testigo, no se presentaron diferencias significativas al comparar el tratamiento de goteo vs aspersión, es decir que ambos tratamientos tienen similar huella hídrica con materia seca.

Tabla 41-3: Comparaciones ortogonales para la huella hídrica con materia seca.

Tratamientos	SC	gl	CM	F	p-valor	Significancia
Goteo vs aspersión	12045.82	1	12045.82	5.04	0.0549	ns
Goteo vs gravedad	1075935.83	1	1075935.83	450.61	<0.0001	**
Goteo-aspersión vs gravedad-testigo	613972.35	1	613972.35	257.14	<0.0001	**
Total	1087981.65	2	543990.83	227.83	<0.0001	

*: significativo ($p < 0.05$); **: altamente significativo ($p < 0.01$); ns: no significativo ($P > 0.05$).

Realizado por: Ruiz, J.2022.

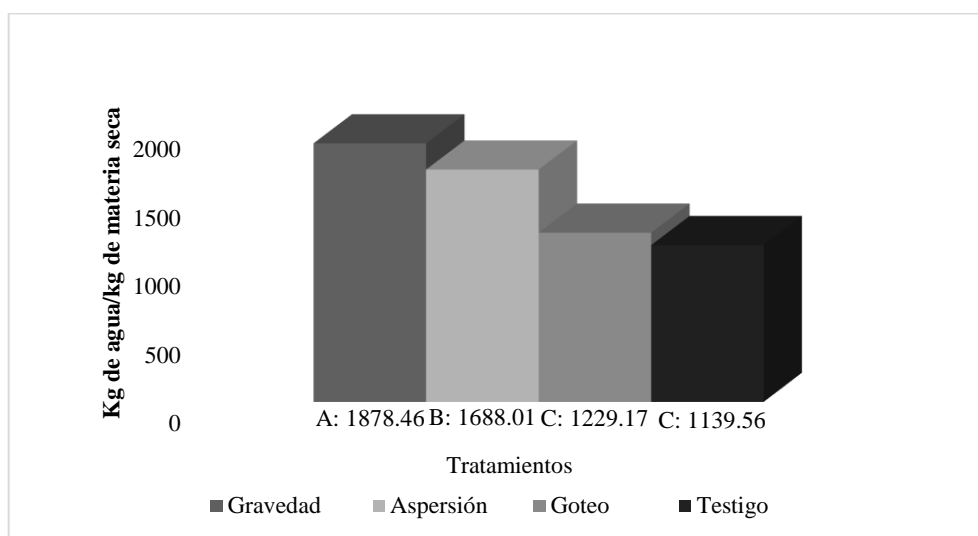


Gráfico 38-3. Huella hídrica con materia seca.

Realizado por: Ruiz, J.2022.

Al considerar la materia seca de las vainas, los tratamientos que menos consumo de agua en la producción de 1 kg son goteo y el testigo, considerando que en el testigo no se aplicó agua de riego, con goteo se aplican laminas inferiores y puede ser considerado para mejorar la producción de grano seco destinado al consumo o semilla.

La huella hídrica total para el cultivo de arveja (*Pisum sativum* L) var. Quantum para el tratamiento de gravedad es 420.36 L/kg, en aspersión de 293.53 L/kg, goteo de 207.02 L/kg y el testigo sin riego de 336.45 L/kg con las precipitaciones, Capcha y Mejía (2014, p. 4), indican que la huella hídrica es de 785.70 L/kg en arveja verde con un rendimiento de 6365.35 kg/ha lo que difiere con los resultados obtenidos en la investigación al tener valores más bajos, posiblemente a las condiciones edafoclimáticas u otros factores como las variedades de arveja, etc.

3.4. Eficiencia de riego

El análisis de varianza para la eficiencia de riego, determino diferencias altamente significativas para los tratamientos. El coeficiente de variación fue de 4.22%.

Tabla 42-3: Análisis de varianza para la eficiencia de riego.

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	Significancia
Tratamientos	1957.43	2	978.71	94.05	<0.0001	**
Error	62.44	6	10.41			
Total	2019.87	8				
CV	4.22					

*: significativo ($p < 0.05$); **: altamente significativo ($p < 0.01$); ns: no significativo ($P > 0.05$).

Realizado por: Ruiz, J.2022.

La eficiencia de aplicación de riego en cada uno de los métodos se muestra en el grafico 39-3, donde se evidencian diferencias en la comparación de medias, donde goteo es primero con una media de 93.77%, luego aspersion con una media de 77.97% y ultimo gravedad con una media de 57.73% usando la tubería secundaria con salida de llaves manuales.

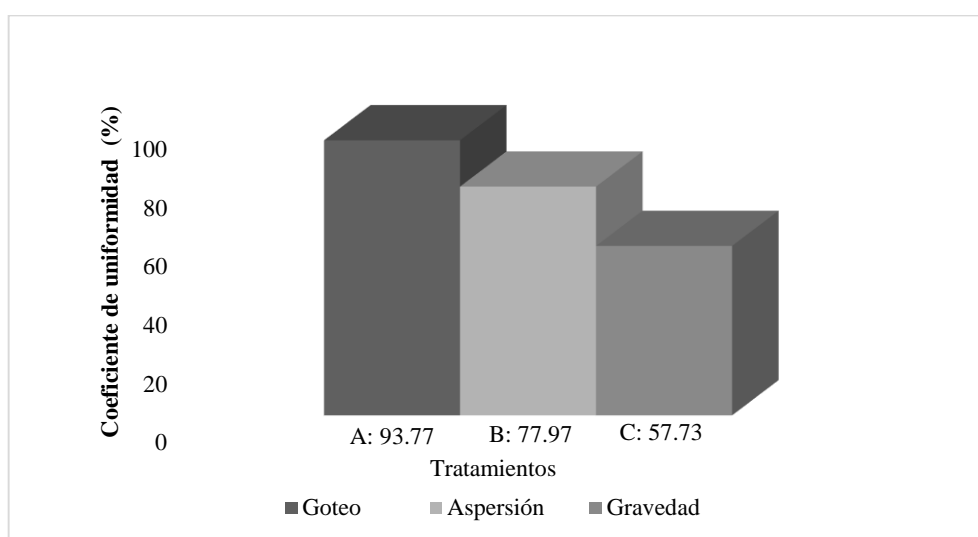


Gráfico 39-3. Coeficiente de uniformidad.

Realizado por: Ruiz, J.2022.

La eficiencia de aplicación tiene que ver con la cantidad de agua retenida en el suelo que esta disponible para la planta y la que se pierde por escorrentía o algún desperdicio por la mala distribución, el 93% representa que casi la totalidad del agua es destinada para la planta, mientras que en gravedad casi la mitad del agua aplicada se desperdicia y no está a disposición para el cultivo.

La eficiencia de aplicación también tiene que ver con el ahorro de esta, Ortiz, R. et al (2021: p.2), indica que el método de riego por goteo tiene cerca de un 40% más de eficiencia que el riego convencional por superficie o gravedad dentro de la correcta distribución en el área de cultivo, y con respecto al reducir el volumen aplicado entre el 30% al 60% según las condiciones edafoclimáticas del sector. Algunos de los inconvenientes presentados a la hora de aplicación son las frecuencias y tiempos de riego, tanto gravedad como aspersión pueden llegar a disminuir el oxígeno del suelo y reemplazarlo por agua afectando al desarrollo radicular, absorción de agua y nutrientes, mientras que en goteo el riego es fraccionado y permite la infiltración lenta del agua, esto garantiza una buena relación entre el oxígeno y el agua favoreciendo el desarrollo óptimo del cultivo.

3.5. Volumen de agua aplicado

La cantidad de agua aplicada en cada tratamiento para el cultivo de arveja (*Pisum sativum* L) var. Quantum, se expresa en la siguiente tabla:

Tabla 43-3: Lámina de agua aplicada en cada tratamiento.

Tratamientos	Lámina aportada por riego (L/m ²)	Lámina aportada por precipitaciones (L/m ²)	Lámina total (L/m ²)
Gravedad	246.70	216.59	463.29
Goteo	157.70	216.59	374.29
Aspersión	172.42	216.59	389.01
Testigo	0	216.59	216.59

Realizado por: Ruiz, J.2022.

La tabla 43-3, indica los requerimientos hídricos del cultivo de arveja (*Pisum sativum* L) var. Quantum en cada tratamiento, donde el tratamiento de gravedad tiene un valor total más alto de 463.29 mm, el siguiente es aspersión con una lámina total de 389.01 mm, luego el tratamiento de goteo con una lámina de 374.29 mm y finalmente el tratamiento sin riego o testigo con un lamina total de 216.59 mm.

Los requerimientos hídricos en el cultivo coinciden con los obtenidos por Villanueva (2019, p. 63) con una lámina total acumulada de 343 mm durante el ciclo de cultivo hasta la cosecha en verde, que son similares al tratamiento de goteo con un valor de 374.9 mm y lo obtenido por Angeles (2018, p. 88) con una lámina total de 432.18 mm que es similar a lo obtenido en gravedad con 463.29 mm, esto depende de las condiciones climáticas del sector, sin embargo el tratamiento de goteo utilizo menos agua y obtuvo mayor rendimiento durante el ciclo de cultivo.

3.6. Análisis económico

Tabla 44-3: Relación beneficio – costo.

Tratamientos	Ingreso total (\$)	Costo total (\$)	B/C
Aspersión	592	300	1.97
Goteo	760	350	2.17
Gravedad	440	250	1.76
Testigo	208	150	1.39

Realizado por: Ruiz, J.2022.

Una vez finalizado el trabajo de investigación el tratamiento que obtuvo mayor beneficio fue goteo un valor de 760 USD y una relación beneficio – costo de 2.17, es decir que por cada dólar invertido se recupera el dólar y adicionalmente se obtiene una ganancia de 1,17 USD, luego se encuentra el tratamiento de aspersión con un beneficio de 592 USD y una relación beneficio – costo de 1.97, es decir que por cada dólar invertido se recupera el dólar y se obtiene una ganancia de 0,97 USD, posteriormente se encuentra el tratamiento de gravedad donde se obtuvo un beneficio de 440 USD con una relación beneficio – costo de 1.76, donde se recupera el dólar invertido y se obtiene una ganancia de 0.76 USD y finalmente el tratamiento sin riego o testigo con un beneficio de 208 USD con una relación beneficio costo de 1.39, es decir que por cada dólar invertido se recupera el dólar y se gana 0,39 USD.

CONCLUSIONES

El tratamiento por goteo es el mejor método de riego para el cultivo de arveja (*Pisum sativum* L) var. Quantum con un coeficiente de uniformidad del 93.77 % donde se hace un uso más eficiente del agua en el cultivo, llegando a utilizar 374.29 mm de lámina total y un rendimiento de 18079.96 kg/ha ó 18 To/ha, además de obtener un producto de mayor calidad comercial.

El coeficiente de cultivo de arveja (*Pisum sativum* L) var. Quantum, ajustado por lisimetría bajo las condiciones edafoclimáticas de la estación experimental Tunshi en el centro experimental del riego es para la etapa inicial de 0.4, en la etapa de desarrollo de 1.0, en la etapa intermedia de 1.1 y en la etapa final de 0.7.

El tratamiento que presento menor huella hídrica verde, azul y de materia seca considerando el riego fue goteo con la aplicación de 119.8 L/kg, 87.22 L/kg y 1229.17 kg de agua/kg de materia seca respectivamente.

Se determinó que el tratamiento con mayor relación beneficio – costo con un valor de 2.17 fue goteo, con un beneficio de 760 USD.

RECOMENDACIONES

Utilizar un sistema de riego presurizado, de preferencia el método de riego por goteo donde se obtienen mayores rendimientos y calidad de producto para el cultivo de arveja (*Pisum sativum* L) var. Quantum.

Emplear los valores del Kc obtenidos en la investigación para obtener el mayor provecho del agua en los alrededores de la estación experimental Tunshi en el centro experimental del riego.

Acompañar el sistema de riego que se emplee en el cultivo de arveja (*Pisum sativum* L) var. Quantum con una correcta fertilización basada en los requerimientos nutricionales para obtener mayores beneficios.

Hacer una calibración en cada lisímetro de drenaje en futuras investigaciones.

BIBLIOGRAFÍA

ALI, E. Identificación de genotipos de trigo harinero (*Triticum aestivum* s sp *aestivum*) tolerantes a sequía empleando indicadores morfológicos y fisiológicos [en línea] (Trabajo de titulación). (Maestría) Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima, Perú. 2018. p.42. [Consulta: 2022-03-23]. Disponible en: <https://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12996/3399/yana-ali-emma.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

ALLEN, Richard; et al. *Evapotranspiración del cultivo* [en línea]. 56° ed. Roma: Fao. 2006. [Consulta: 22 abril 2021]. ISBN 9253042192. Disponible en: <http://www.fao.org/3/x0490s/x0490s.pdf>

ALVARADO, Marco; et al. “El cambio climático y la fenología de las plantas”. *Ciencia* [en línea], 2002, (México) 5 (4), p. 4. [Consulta: 21 abril 2021]. ISSN 1405-9977. Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/402/40250410.pdf>

AMÓRTEGUI, Luis; et al. “Huella hídrica: análisis como instrumento estratégico de gestión para el aprovechamiento eficiente de los recursos hídricos”. *Ciencia Nicolaita* [en línea], 2016, (España) 69, pp. 87-88. [Consulta: 24 abril 2021]. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/326623110_Huella_hidrica_analisis_como_instrumento_estrategico_de_gestion_para_el_aprovechamiento_eficiente_de_los_recursos_hidricos

ANCHIVILCA ROJAS, Guiller Henry. Abonamiento orgánico y fertilización N,P,K en arveja verde (*Pisum sativum* L.) cv. Rondo, bajo riego por goteo en tupicocha, Huarochirí [en línea] (Trabajo de titulación). (Grado). Universidad Nacional Agraria La Molina. Huarochirí (Lima-Perú). 2018. pp. 15-16. [Consulta: 26-04-2021]. Disponible en: <http://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12996/3559/anchivilca-rojas-guiller-henry.pdf?sequence=2&isAllowed=y>

ANGELES ALEGRE, José Luis. Determinación del coeficiente de cultivo (kc) del cultivo de holantao (*Pisum sativum*) utilizando lisímetro de drenaje en el centro de investigación y producción agrícola (CIPA) Cañasbamba – 2018 [en línea] (Trabajo de titulación). (Grado). Universidad nacional Santiago Antúnez de Mayolo. Cañasbamba (Huaraz-Perú). 2019. P. 63 [Consulta: 10-01-2022]. Disponible en: <http://repositorio.unasam.edu.pe/handle/UNASAM/3465>

ASSAN, Marcelo M.; &Gorosito, Stella M. “Relación agua suelo planta (1)”. *Serie didáctica n°1 catedra de riego y drenaje* [en línea], 2018, (1), p. 11. [Consulta: 19 abril 2021]. ISBN 978-987-661-308-8. Disponible en: [http://editorial.unca.edu.ar/Publicacione on line/CUADERNOS DE CATEDRA/Guia didactica RASPA Assan.pdf](http://editorial.unca.edu.ar/Publicacione%20on%20line/CUADERNOS%20DE%20CATEDRA/Guia%20didactica%20RASPASassan.pdf)

AVENZA, A. *Manejo, riego y abonado del suelo (UF0012)* [en línea]. Málaga-España: IC editorial, 2013. [Consulta: 21 abril 2021]. Disponible: <https://elibro.net/es/ereader/esepoch/43486?page=3>

BARZOLA ZUÑIGA, Miluska Valmy, & HERMITAÑO URETA, Yesica Rosmery. Evaluación de rendimiento de variedades comerciales de grano fresco de arveja (*Pisum sativum* L.), en el Distrito de Paucartambo – Pasco (Trabajo de titulación) (Grado). [en línea] Universidad nacional Daniel Alcides Carrión.Paucartambo (Cerro de pasco-Perú). 2018. pp. 64-65 [Consulta: 09-01-2022]. Disponible en: http://repositorio.undac.edu.pe/bitstream/undac/1423/1/T026_46708444_T.pdf

BASANTES, E. *Manejo de cultivos andinos del Ecuador* [en línea]. Sangolquí-Ecuador: ESPE, 2015. [Consulta: 26 abril 2021]. Disponible en: www.repositorio.espe.edu.ec.

BECERRA, Alfredo; et al. “Huella hídrica y sostenibilidad del uso de los recursos hídricos. Aplicación al poniente almeriense. Estudios previos y medidas de eficiencia”. *Revista electrónica de medio ambiente UCM* [en línea], 2013, (España) 14 (1), pp. 2-3. [Consulta: 24 abril 2021]. ISSN 18863329. Disponible en: <https://www.ucm.es/data/cont/media/www/pag-41205/61articulo.pdf>

BENAVIDES, Orlando; et al. “Efecto del riego por goteo y exudación sobre el rendimiento de hortalizas en clima frío”. *Revista de ciencias agrícolas* [en línea], 2017, (Colombia) 34 (1), p. 108. [Consulta: 18 abril 2021]. ISSN 2256-2273. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.22267/rcia.173401.67>.

BUSTAMANTE, M. “Riego por goteo: una visión simplificada desde el punto de vista físico”. *Revista semestral Pharos* [en línea], 2006, (Chile) 13 (1), p. 2. [Consulta: 20 abril 2021]. ISBN 0717-1307. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=20813103>

CANGAS ORTIZ, Klever Bolívar. Efectos de la aplicación de fungicidas elicitors químicos y biológicos en el control de mildiu veloso (*Peronospora* sp) en dos variedades de arveja (*Pisum sativum* L.), en la zona de Canchaguano, cantón Montufar, provincia del Carchi. (Trabajo de

titulación) (Grado). [en línea] Universidad técnica de Babahoyo. Canchaguano (Espejo-Ecuador). 2017. pp. 34-34 [Consulta: 09-01-2022]. Disponible en: <http://dspace.utb.edu.ec/bitstream/handle/49000/3225/E-UTB-FACIAG-ING%20AGRON-000047.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

CAPCHA MALLMA, Tito, & MARCACUZCO MEJÍA, Jesús Abel. “Huella hídrica de productos agrícolas producidos en la sierra central y comercializados en Lima”. *Apuntes de Ciencia & Sociedad* [en línea], 2015, (Perú) 5(1), p. 4. [Consulta: 10 abril 2021]. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.18259/acs.2015020>

CASANELLAS, J. *Introducción a la edafología: uso y protección del suelo* [en línea]. Madrid-España: Mundi-prensa, 2008. [Consulta: 19 abril 2021]. Disponible en: <https://elibro.net/es/ereader/epoch/35840?page=291>

CASTILLO LIMAICO, Ana Guadalupe. Efecto de la aplicación de tres dosis de zeolita, en la producción del cultivo de arveja (*Pisum sativum* L.), en el sector de San José de Chaltura, Cantón Antonio Ante, Provincia de Imbabura [en línea] (Trabajo de titulación). (Grado) Universidad Técnica de Babahoyo. El ángel (Espejo-Ecuador). 2018. pp. 26-27 [Consulta: 10-01-2022]. Disponible en: <http://dspace.utb.edu.ec/bitstream/handle/49000/4378/TE-UTB-FACIAG-ING%20AGRON-000092.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

CASTRO RODRÍGUEZ, Leidy Giomara. Caracterización del crecimiento de cuatro variedades de arveja usando la escala fenológica BBCH en Nemocón, Cundinamarca [en línea] (Trabajo de titulación). (Grado) Universidad de Cundinamarca. Facatativá (Colombia). 2017. pp. 24-25 [Consulta: 26-04-2021]. Disponible en: <https://repositorio.ucundinamarca.edu.co/bitstream/handle/20.500.12558/2457/CARACTERIZACION%20DEL%20CRECIMIENTO%20DE%20CUATRO%20VARIETADES%20DE%20ARVEJA%20USANDO%20LA%20ESCALA%20FENOL%20BBCH%202.pdf?sequence=1>

CHECA, Oscar; et al. “Evaluación agronómica y económica de arveja Arbustiva (*Pisum sativum* l.) En diferentes épocas de siembra y sistemas de tutorado”. *Revista U.D.C.A Actualidad & Divulgación Científica* [en línea], 2017, (Colombia) 20(2), pp. 1-2. [Consulta: 26 abril 2021]. Disponible en: <http://www.scielo.org.co/pdf/rudca/v20n2/v20n2a06.pdf>

CHOW, J. “Cálculo de requerimientos de riego”. Riego elesteliano. p. 3. Disponible en: http://www.riego.elesteliano.com/ayuda/Fto2_Requerimientos_de_riego.htm

COLLAZOS JACINTO, Lenin Felipe. Efecto comparativo de cultivares de *Pisum sativum* L. “arveja verde” en rendimiento, bajo condiciones del valle Colca Huari, Áncash [en línea] (Trabajo de titulación). (Grado) Universidad nacional José Faustino Sánchez Carrión. Huacho (Perú). 2021. pp. 42-43. [Consulta: 09-01-2022]. Disponible en: <http://repositorio.unjfsc.edu.pe/bitstream/handle/UNJFSC/4646/LENIN%20FELIPE%20COLLAZOS%20JACINTO.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

CONGOPE, “Hablemos de riego”. *El telégrafo EP* [en línea], 2017 (Ecuador). p. 173 [Consulta: 21 abril 2021]. Disponible en: <http://www.congope.gob.ec/wp-content/uploads/2017/03/HABLEMOS-DE-RIEGO-LOW.pdf>

CUASAPAZ CUASAPAZ, Edison Rodrigo. Evaluación de tres dosis de brasinoesteroides en dos variedades del cultivo de arveja (*Pisum sativum* L.), en el cantón San Pedro de Huaca, provincia de Carchi [en línea] (Trabajo de titulación). (Grado) Universidad Técnica de Babahoyo. San Pedro (El Ángel-Ecuador). 2015. pp. 20-21. [Consulta: 26-04-2021]. Disponible en: <http://dspace.utb.edu.ec/bitstream/handle/49000/1059/T-UTB-FACIAG-AGR000211.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

DANE. “Insumos y factores asociados a la producción agropecuaria”. *Departamento Administrativo Nacional de Estadística* [en línea], 2015, (Colombia) 1 (33), p. 5. [Consulta: 26 abril 2021]. Disponible en: https://www.dane.gov.co/files/investigaciones/agropecuario/sipsa/Bol_Insumos31_mar_2015.pdf

DEAQUIZ, Y. et al. "Efecto de diferentes láminas de riego sobre la producción y calidad de fresa (*Fragaria* sp.)". *Revista colombiana de ciencias hortícolas* [en línea], 2014, (Colombia) 8 (2), pp-5-7. [Consulta: 23 marzo 2022]. Disponible en: <http://www.scielo.org.co/pdf/rcch/v8n2/v8n2a03.pdf>

DELGADO CHAMORRO, Cindy Gabriela. Efecto del ácido acetilsalicílico para la activación de defensas en el cultivo de arveja (*Pisum sativum*), en el sector de Chapués, cantón Tulcán, Carchi – Ecuador [en línea] (Trabajo de titulación). (Grado) Universidad Politécnica Estatal de Carchi. Chapués (Tulcán-Ecuador). 2014. pp. 26-27 [Consulta: 26-04-2021]. Disponible en: <http://repositorio.upec.edu.ec/bitstream/123456789/240/1/199%20EFECTO%20DEL%20C3%81CIDO%20ACETILSALIC%3%8DLICO%20PARA%20ACTIVACI%3%93N%20DE%20DEFENSAS%20EN%20EL%20CULTIVO%20DE%20ARVEJA%20%28PISUM%20SATI>

VUM%29%2C%20EN%20EL%20SECTOR%20DE%20CHAPU%C3%89S%2C%20CANT%
C3%93N%20TULC%C3%81N%2C%20CARCHI%20ECUADOR.pdf

DELL'AMICO, José; & MORALES, Donaldo. "Comportamiento de la conductancia estomática de dos variedades de tomate cubanas en condiciones de campo y riego limitado". *INCA* [en línea], 2017, (Cuba) 38 (2), p.2. [Consulta: 19 marzo 2022]. ISSN 1819-4087. Disponible en: <http://scielo.sld.cu/pdf/ctr/v38n2/ctr200217.pdf>

DEMIN, P. "Aportes para el mejoramiento del manejo de los sistemas de riego". *Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria* [en línea], 2014, (Argentina) (1), p. 24. [Consulta: 27 abril 2021]. ISBN 978-987-521-512-2. Disponible en: https://inta.gob.ar/sites/default/files/inta_aportes_para_el_mejoramiento_del_manejo_de_los_sistemas_de_riego.pdf

DÍAZ, J. *Riego por gravedad* [en línea]. Cali-Colombia: Programa Editorial Universidad del Valle, 2006. [Consulta: 20 abril 2021]. Disponible en: <https://elibro.net/es/ereader/esepoch/129265?page=67>

ESPINOSA, Bartolomé; et al. "Diseño de un sistema de riego hidrante parcelario con los métodos por Turnos y Clement: análisis técnico y económico". *Terra Latinoamericana* [en línea], 2016, (México) 34 (4), pp. 2-3. [Consulta: 27 abril 2021]. ISSN 2395-8030. Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/573/57347465005.pdf>

FERNÁNDEZ, R; et al. *Manual de riego para agricultores. Módulo 2: Riego por superficie* [en línea]. Sevilla-España: Junta de Andalucía, 2010. [Consulta: 23 abril 2021]. Disponible en: <https://core.ac.uk/download/pdf/48517053.pdf>

FLÓREZ, Tuta; et al. "Eficiencia de aplicación de agua en la superficie y en el perfil del suelo en un sistema de riego por aspersión". *Agrociencia* [en línea], 2013, (México) 47 (2), p. 13. [Consulta: 18 abril 2021]. ISSN 1405-3195. Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/302/30225621001.pdf>

FREIRE ARÉVALO, Andrés Stalin. Evaluación de un biofertilizante líquido a base de excretas de cerdo en la producción de arveja (*Pisum sativum* L.) Var. Quantum [en línea] (Trabajo de titulación). (Grado) Universidad técnica de Ambato. (Cevallos-Ecuador). 2019. pp. 19-20 [Consulta: 26-04-2021]. Disponible en:

<https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/30607/1/Tesis-243%20%20Ingenier%c3%ada%20Agron%c3%b3mica%20-CD%20648.pdf>

FUEYO, M. “Manejo del riego con tensiómetros”. *Tecnología alimentaria* [en línea], 1998, p. 2. [Consulta: 19 abril 2021]. Disponible en: <http://www.serida.org/pdfs/270.pdf>

GAIBOR ROJAS, Juan Diego. Determinación de los requerimientos hídricos para el cultivo de fréjol (*Phaseolus vulgaris*) var. Calima en base al tanque de evaporación tipo a, y fórmulas empíricas(fao), en macaji, cantón Riobamba provincia de Chimborazo [en línea] (Trabajo de titulación). (Grado) Escuela superior politécnica de Chimborazo, (Riobamba-Ecuador). 2019. pp. 45-46. [Consulta: 10-01-2022]. Disponible en: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/12340/1/13T0885.pdf>

GARCÍA, J. “El agua en el suelo”. *Cátedra de edafología de la universidad de Tucumán* [en línea], 2015, México. p. 17. [Consulta: 19 abril 2021]. Disponible en: <https://s9a0d11af78cd478d.jimcontent.com/download/version/1587690300/module/7953452876/name/Agua%20del%20Suelo%20X.pdf>

GARCÍA, J. *Comparación de métodos para la determinación del estado hídrico en viñedos de la variedad “Tempranillo”* [en línea]. Pamplona-España: Universidad Pública de Navarra, 2010. [Consulta: 17 marzo 2022]. Disponible en: <https://academica-e.unavarra.es/xmlui/bitstream/handle/2454/2306/577296.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

GÁLVEZ GASTELÚ, Yuri. Agricultura de conservación en la producción de arveja *Pisum sativum* l. en grano verde, Ayacucho, 2016 [en línea] (Trabajo de titulación). (Doctorado) Universidad nacional Federico Villareal. Ayacucho (Lima-Perú). 2021. p. 91. [Consulta: 10-01-2022]. Disponible en: <http://repositorio.unfv.edu.pe/handle/UNFV/4865>

GIJÓN, E. “Mecánica de fluidos”. *Universidad de Oviedo* [en línea], 2008, (España), pp. 2-3. [Consulta: 23 abril 2021]. Disponible en: https://salvadorcobo.files.wordpress.com/2011/03/mf07_perdidasdecarga.pdf

GÓMEZ, R; et al. “Manual de riego para agricultores. Módulo 3: Riego por aspersión”, *Junta de Andalucía* [en línea], 2010, (España), p. 50. [Consulta: 23 abril 2021]. ISBN 9788484741343. Disponible en: https://www.juntadeandalucia.es/export/drupaljda/1337160240Riego_por_aspersixn.pdf

GUERRA MOSCOSO, Miguel Andrés. Manual de Diseño de Sistemas de Riego a Gravedad y por Aspersión [en línea] (Trabajo de titulación). (Grado) Universidad San Francisco de Quito (Quito-Ecuador). 2009. pp. 147-149. [Consulta: 20 abril 2021]. Disponible en: <https://repositorio.usfq.edu.ec/bitstream/23000/1003/1/91229.pdf>

HERNÁNDEZ, R. *Botánica online* [en línea]. Mérida-Venezuela: 2002. [Consulta: 9 enero 2022]. Disponible en: <http://www.forest.ula.ve/~rubenhg/>

HIPÓLITO, M. et al. "Eficiencia en el uso del agua por las plantas". *Investigaciones geográficas* [en línea], 2007, (España) (43), p. 10. [Consulta: 23 marzo 2022]. ISSN 1989-9890. Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/176/17604304.pdf>

ILDEFONSO, R. et al. "Acumulación de materia seca durante las etapas de desarrollo de variedades de frijol". *Rev. Fitotec. Mex* [en línea], 2018, (México) 41 (3), p. 4. [Consulta: 23 marzo 2022]. Disponible en: <http://www.scielo.org.mx/pdf/rfm/v41n3/0187-7380-rfm-41-03-275.pdf>

INTAGRI. "El riego, la Importancia de su Programación y los Parámetros de Humedad en el Suelo". *Instituto para la innovación tecnológica en la agricultura* [en línea], 2010, pp. 1-2. [Consulta: 18 abril 2021]. Disponible en: <https://www.intagri.com/articulos/agua-riego/El-riego-la-importancia-de-su-programacion-y-los-parametros-de-humedad-en-el-suelo>

JARAMILLO, D. *Introducción a la ciencia del suelo* [en línea]. Medellín-Colombia: Universidad nacional de Colombia, 2002. [Consulta: 19 abril 2021]. Disponible en: <https://repositorio.unal.edu.co/bitstream/handle/unal/70085/70060838.2002.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

LEÓN, J. *Riegos y drenajes*. Riobamba-Ecuador: E-copycenter. 2012. ISBN 978- 959-285-007-1, pp. 49-50.

LIOTTA, M. "Riego por goteo". *UCAR* [en línea], 2015, (Argentina) 1 (1), p. 11. [Consulta: 22 abril 2021]. ISBN: 9789873387760. Disponible en: https://inta.gob.ar/sites/default/files/inta_manual_riego_por_goteo.pdf

LOSADA, A. *El riego: II. Fundamentos de su hidrología y de su práctica* [en línea]. Madrid-España: Mundi-prensa, 2005. [Consulta: 20 abril 2021]. Disponible en: <https://elibro.net/es/ereader/epoch/55231?page=4>

LÓPEZ, V. Respuestas fisiológicas en uva de mesa cultivar crimson seedless sometidas a déficit hídrico [en línea] (Trabajo de titulación). (Grado) Universidad de Chile, Santiago. 2005. p.14. [Consulta: 2022-03-18]. Disponible en: https://repositorio.uchile.cl/bitstream/handle/2250/101758/lopez_v.pdf?sequence=4&isAllowed=y

MARTÍNEZ, F. *Introducción al riego* [en línea]. Valencia-España: Universidad politécnica de Valencia, 2014. [Consulta: 20 abril 2021]. Disponible en: <https://elibro.net/es/ereader/epoch/57382?page=2>

MARIÑO MACANA, Yesid Alejandro. Evaluación del punto de marchitez permanente bajo condiciones de invernadero como variable para la asignación de clones de *Gmelina arborea* (roxb) a sitios potenciales de plantación [en línea] (Trabajo de titulación). (Grado) Pontificia universidad Javeriana, (Bogotá-Colombia). 2006. pp. 32-33. [Consulta: 19-04-2021]. Disponible en: <https://repository.javeriana.edu.co/bitstream/handle/10554/8947/tesis93.pdf?sequence=3>

MEIER, U; et al. “Compendio para la identificación de los estadios fenológicos de especies mono- y dicotiledóneas cultivadas. Escala BBCH extendida”. *BASF Aktiengesellschaft* [en línea], 1998, (Colombia) 1 (1), pp. 107-108. [Consulta: 10 enero 2022]. Disponible en: https://www.agro.basf.es/Documents/es_files/pdf_1_files/services_files/descarga.pdf

MÉNDEZ, J. et al. "Efecto del riego por goteo en el crecimiento inicial de tres cultivares de algodón (*Gossypium hirsutum* L.)". *IDESIA* [en línea], 2007, (Chile) 25 (2), p. 4. [Consulta: 22 marzo 2022]. ISSN 0718-3429. Disponible en: https://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-34292007000200002

MENDOZA, A. “Riego por goteo”. *CENTA* [en línea], 2013, (El Salvador), p. 17. [Consulta: 21 abril 2021]. Disponible en: <http://www.centa.gob.sv/docs/guias/riego/Riego por goteo.pdf>

MINCHALA, Luis, & GUAMAN, Miguel. “El cultivo de arveja en la sierra sur”. *INIAP* [en línea], 2004, (Ecuador), pp. 2-3. [Consulta: 24 abril 2021]. Disponible en: <https://repositorio.iniap.gob.ec/bitstream/41000/2326/1/BD332.pdf>

MOYA, J. *Riego localizado y fertirrigación*. 4ª ed. Barcelona-España: Mundi-Prensa, 2009. ISBN 9788484765226, p. 90.

MUÑOZ, W. Texto básico para profesional en ingeniería forestal. En el área de fisiología vegetal [en línea]. Iquitos-Perú: Universidad Nacional de la amazonia peruana, 2016. [Consulta: 9 abril 2021]. Disponible en:

<https://www.unapiquitos.edu.pe/pregrado/facultades/forestales/descargas/publicaciones/FISIO-TEX.pdf>

NETAFIM, “Catálogo de productos” [en línea], 2019, (México), pp. 6-7. [Consulta: 22 abril 2021]. Disponible en: <https://www.netafim.com/es-pe/bynder/5987B652-B3CF-41A4-845334C47869F03F-general-product-cataloge---spa.pdf>

NOBOA CÁRDENAS, Alejandro. Caracterización, física, química y nutricional de la arveja (*Pisum sativum* L.) cultivada en Ecuador, como un aporte y base de estudio para la creación de una norma técnica ecuatoriana (NTE 2010) por parte del instituto ecuatoriano de normalización (INEN) [en línea] (Trabajo de titulación). (Grado) Universidad tecnológica Equinoccial (Quito-Ecuador). 2010. pp. 18-21. [Consulta: 26-04-2021]. Disponible en: http://repositorio.ute.edu.ec/bitstream/123456789/4887/1/43333_1.pdf

NOVAGRIC. “Aspersores de Riego Agrícolas” [en línea], 2016, p. 1. [Consulta: 22 abril 2021]. Disponible en: <https://www.novagric.com/es/riego/materiales-de-riego/aspersores-de-riego>

ORTIZ, R. et al. "Efecto del riego por goteo de bajo volumen en el rendimiento de fréjol variedad "Rojo del valle" en los andes ecuatorianos". *Manglar* [en línea], 2021, (Ecuador) 18 (3), p.2. [Consulta: 23 marzo 2022]. ISSN 2414-1046. Disponible en: <https://erp.untumbes.edu.pe/revistas/index.php/manglar/article/view/263/378>

PASCUAL, Bernardo, & PASCUAL, Seva. *Riegos de gravedad y a presión*. 4ª ed. Valencia-España: Universidad Politécnica de Valencia, 2020, ISBN 9788490489505, p. 19.

PATISHTÁN, J. Conductancia estomática, asimilación de CO₂, transpiración y crecimiento en hojas de *Aloe vera* L (Sábila) bajo déficit hídrico en el suelo en dos localidades [en línea] (Trabajo de titulación) (Maestría). Universidad autónoma agraria Antonio Narro, Coahuila, México. 2008. p.24. [Consulta: 2022-03-24]. Disponible en: <http://repositorio.uaaan.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/3873/K%2060714%20Patishtan%20a%20n%20p%20a%20rez%20juan.PDF?sequence=1&isAllowed=y>

PERALTA, José, & SIMPFENDORFER, Christian. "Riego por aspersión". *INIA* [en línea], 2001, (Chile), pp. 41-42. [Consulta: 23 abril 2021]. Disponible en: <https://biblioteca.inia.cl/bitstream/handle/123456789/40180/NR26419.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

PÉREZ, F. *Fisiología vegetal* [en línea]. Perú: Universidad nacional de Ucayali, 2017. [Consulta: 9 enero 2022]. Disponible en: <http://repositorio.unu.edu.pe/bitstream/handle/UNU/3201/000026080L?sequence=1&isAllowed=y>

PETILLO, M. *Eficiencia de riego*. [en línea], 2010. Montevideo-Uruguay: Universidad de la república, s.f. [Consulta: 22 abril 2021]. Disponible en: <http://www.fagro.edu.uy/~hidrologia/riego/EFICIENCIA.pdf>

PETILLO, M. "Manejo del riego: uso de instrumentos de medición de agua del suelo y del estado hídrico de los cultivos, presentación de casos de estudio incluso en riego deficitario". *CYTED* [en línea], 2008, (Guatemala), p. 14. [Consulta: 18 marzo 2022]. Disponible en: <https://exa.unne.edu.ar/biologia/fisiologia.vegetal/Metodosdemedicionestadohidricoplantas.pdf>

PINO, E. et al. "La conductancia estomática y su relación con la temperatura foliar y humedad del suelo en el cultivo del olivo (*Olea europaea* L.), en periodo de maduración de frutos, en zonas áridas. La Yarada, Tacna, Perú". *IDESIA* [en línea], 2019, (Chile) 37 (4), p. 2. [Consulta: 23 marzo 2022]. ISSN 0718-3429. Disponible en: <https://scielo.conicyt.cl/pdf/idesia/v37n4/0718-3429-idesia-37-04-55.pdf>

PINZÓN, S; et al. "Ensayo comercial en el cultivo de la arveja". *Nutrimon* [en línea], 2007, p. 2. [Consulta: 26 abril 2021]. Disponible en: <http://www.monmeros.com/descargas/dpinformativo3.pdf>

QUISPE, J. et al. "Determinación de coeficientes de uso consuntivo en *Solanum tuberosum*, método del lisímetro". *PURIQ* [en línea], 2020, (Perú) 2 (3), p.15. [Consulta: 22 marzo 2022]. ISSN 2707-3602. Disponible en: <https://halshs.archives-ouvertes.fr/halshs-02956935/document>

RAMÍREZ, A. *Ventajas del riego por goteo simplificado* [en línea]. 4ª ed. Ciudad de México-México: Instituto politécnico nacional, 2001. [Consulta: 20 abril 2021]. Disponible en: <https://elibro.net/es/ereader/epoch/55234?page=4>

RÁZURI, L. et al. "Determinación del coeficiente de cultivo de pimentón, tipo Bell, con riego localizado". *Agricultura Andina* [en línea], 2004, (México) 9 (1), p. 8. [Consulta: 20 marzo 2022]. Disponible en: <http://bdigital.ula.ve/storage/pdf/agri/v9/articulo1.pdf>

RENDÓN, E. "La huella hídrica como un indicador de sustentabilidad y su aplicación en el Perú". *Revista de la Facultad de Ingeniería de la USIL* [en línea], 2015, (Perú) 2 (1), pp. 34-47. [Consulta: 24 abril 2021]. ISSN 2311-7613. Disponible en: <https://core.ac.uk/download/pdf/143615435.pdf>

RODRÍGUEZ QUISPE, Gustavo. Evaluación de 12 cultivares de arveja (*Pisum sativum* L) de tipo industrial para cosecha en verde en condiciones de tarma [en línea] (Trabajo de titulación). (Grado) Universidad nacional del centro del Perú, Mantaro (Jauja-Perú). 2015. pp. 43-44. [Consulta: 10-01-2022]. Disponible en: <https://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12894/977/RODR%C3%8DGUEZ%20QUISPE%20GUSTAVO.pdf>

ROGÉRIO, A; et al. "Requerimientos hídricos del tomate en el valle de Cavaco en Benguela, Angola". *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias* [en línea], 2015, (Cuba) 24 (2), pp. 5-10. [Consulta: 18 abril 2021]. ISSN 1010-2760. Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=93234170001>

ROMÁN, F; et al. "La tecnificación de la agricultura familiar bajo riego en Ecuador". *CAMAREN* [en línea], 2014, (Ecuador), pp. 103-104. [Consulta: 27 abril 2021]. Disponible en: <https://www.camaren.org/documents/archivo2.pdf>

RUIZ HUAMAN, Jhonatan Saul. Introducción de variedades mejoradas de arveja (*Pisum sativum* L.) en condiciones del distrito de Huando – Huancavelica [en línea] (Trabajo de titulación). (Grado) Universidad nacional del centro del Perú, (Mantaro-Perú). 2019. pp. 62-63 [Consulta: 09-01-2022]. Disponible en: <https://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12894/5333/T010-46486985-B.pdf?sequence=1>

SALAZAR BADILLO, Francisco Gabriel. DISEÑO, INSTALACIÓN Y CALIBRACIÓN DE BLOQUE DE SIETE LISIMETROS DE DRENAJE PARA AJUSTE DE COEFICIENTE DE CULTIVOS (Kc) [en línea] (Trabajo de titulación). (Grado) Escuela superior politécnica de Chimborazo, (Riobamba-Ecuador). 2020. P. 31. [Consulta: 10-01-2022]. Disponible en: <http://dspace.espace.edu.ec/bitstream/123456789/14319/1/13T00924.pdf>

SCHULBACH, E. “Programación del riego”. *SIAR* [en línea], 1999, (Chile), pp. 3-4. [Consulta: 20 abril 2021]. Disponible en: <http://bosques.ciren.cl/bitstream/handle/123456789/9924/CNR-0287.pdf?sequence=1&isAllowed=y#:~:text=La%20programaci%C3%B3n%20del%20riego%20es,las%20condiciones%20edafoclim%C3%A1ticas%20del%20predio.>

SEGARRA, Diego, & SERPA, Oswaldo. “Manual técnico de cultivos agrícolas bajo riego”. *Iniap-Jica-Crea* [en línea], 2005, (Ecuador) 1(1), pp. 45-46. [consulta: 26 abril 2021]. Disponible en: https://openjicareport.jica.go.jp/pdf/11814050_01.pdf

SERVÍN, P; et al. “Sistema para programar y calendarizar el riego de los cultivos en tiempo real”. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* [en línea], 2017, (México) 8 (2), p. 1. [Consulta: 18 abril 2021]. ISSN 2007-0934. Disponible en: <https://cienciasagricolas.inifap.gob.mx/index.php/agricolas/article/view/61>

THOMPSON, L, & TROEH, F. *Los suelos y su fertilidad* [en línea]. 4ª ed. Barcelona-España: Reverte, 1982. [Consulta: 19 abril 2021]. Disponible en: <https://elibro.net/es/ereader/esepoch/172493?page=118>

TIJERINA, L. “Requerimientos hídricos de cultivos bajo sistemas de fertirrigación”. *Terra latinoamericana* [en línea], 1999, (México) 17 (3), p. 10. [Consulta: 18 abril 2021]. ISSN 2395-8030. Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/573/57317308.pdf>

TRAXCO. “Humedad en suelos según texturas - Velocidad de infiltración”. [en línea], 2009, (España), p. 1. [Consulta: 19 abril 2021]. Disponible en: <https://www.traxco.es/blog/tecnologia-del-riego/humedad-en-suelos-de-diferente-textura>

VALDIVIESO, C. et al. "Efecto de diferentes láminas de riego localizado, sobre la productividad y rentabilidad del maní". *La técnica: Revista de las agrociencias* [en línea], 2021, (Ecuador) 1 (26), p.5. [Consulta: 23 marzo 2022]. ISSN 2477-8982. Disponible en: <https://revistas.utm.edu.ec/index.php/latecnica/article/view/2456/3990>

VANEGAS MARCALLA, Willian Patricio. Evaluación de dos bioles a partir de dos fuentes orgánicas (Bovino y Cobayo) a cuatro dosis de aplicación en dos variedades del cultivo de arveja (*Pisum sativum*) en la comunidad de Planchaloma Toacaso Latacunga 2011 [en línea] (Trabajo de titulación). (Grado) Universidad Técnica de Cotopaxi, (Latacunga-Ecuador). 2011. pp. 6-7. [Consulta: 24-04-2021]. Disponible en: <http://repositorio.utc.edu.ec/bitstream/27000/777/1/T-UTC-0599.pdf>

VÁSQUEZ, J. “Gestión de recursos hídricos en América Latina: Un asunto de equidad y sostenibilidad”. *AD-minister* [en línea], 2008, (Colombia) 12 (1), p. 6. [Consulta: 18 abril 2021]. ISBN 1692-0279. Disponible en; <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=322327242006>

VILLABLANCA, A; et al. “Uso e instalación de tensiómetros”. *INIA* [en línea], 2015, (Chile) 101, p. 2. [Consulta: 19 abril 2022]. Disponible en: <https://biblioteca.inia.cl/bitstream/handle/20.500.14001/4575/NR40242.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

VILLAFañE, G. et al. "Evapotranspiración y coeficientes de cultivo (kc) de Stevia [*Stevia rebaudiana* (Bertoni) Bertoni] bajo condiciones parcialmente protegidas". *Bioagro* [en línea], 2016, (Venezuela) 28 (2), p.5. [Consulta: 22 marzo 2022]. Disponible en: <http://ve.scielo.org/pdf/ba/v28n2/art08.pdf>

VILLANUEVA MOSQUERA, Alberto Paulino. Determinación del uso consuntivo del agua con lisímetro de drenaje en cultivo de arveja (*Pisum sativum* L.) En cie – Cañasbamba – Unasam [en línea] (Trabajo de titulación). (Grado) Universidad nacional Santiago Antúnez de Mayolo. (Huaraz-Perú). 2019. p. 63 [Consulta: 10-01-2022]. Disponible en: <http://repositorio.unasam.edu.pe/handle/UNASAM/3406>

YZARRA, Wilfredo, & LOPÉZ, Francisco. “Manual de observaciones fenológicas”. *Senamhi* [en línea], 2011, (Perú), pp. 15. [Consulta: 26 abril 2021]. Disponible en: <https://www.senamhi.gob.pe/load/file/01401SENA-11.pdf>

ZAMBRANO SACÓN, José Luis. Diseño e implementación de un sistema de riego por goteo para pimiento (*Capsicum annum* L.) en el área convencional, ESPAM-MFL [en línea] (Trabajo de titulación). (Grado) Escuela Superior Politécnica agropecuaria de Manabí. Calceta-Ecuador. 2012. pp. 42-44. [Consulta: 23-04-2021]. Disponible en: <http://repositorio.espam.edu.ec/bitstream/42000/20/1/IntriagoVidalAndrésBolívar-SacónZambranoJoséLuis.pdf>

ZAPATA, Alex, & GASSELIN, Pierre. “El riego en el Ecuador: problemática, debate y políticas”. *CAMAREN* [en línea], 2005, (Ecuador), pp. 3-4. [Consulta: 27 abril 2021]. Disponible en: <https://hal.inrae.fr/hal-02833506/document>

ZÁRATE, E; et al. “Guía metodológica para la evaluación de la huella hídrica en una cuenca hidrográfica”. *IICA* [en línea], 2017, (Costa Rica), pp. 10-11. [Consulta: 24 abril 2021]. ISBN

978-92-9248-670-9.

Disponible

en:

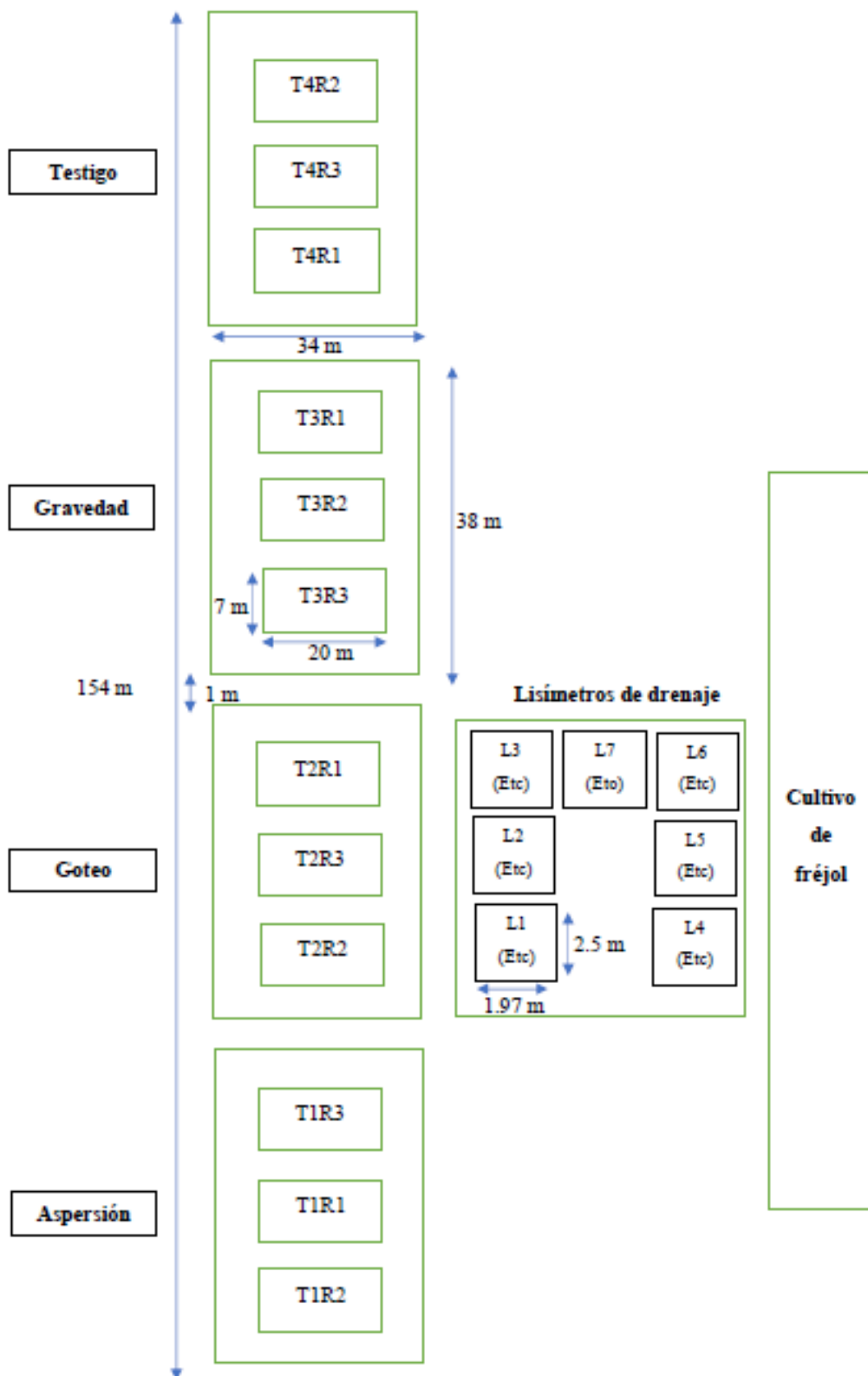
<https://repositorio.iica.int/bitstream/handle/11324/2996/BVE17068913e.pdf?sequence=1>

 **D.B.R.A.I.**
Ing. Cristhian Castillo



ANEXOS

ANEXO A: DISTRIBUCIÓN DEL ENSAYO EN LA ESTACIÓN EXPERIMENTAL TUNSHI EN EL CENTRO EXPERIMENTAL DEL RIEGO.



Realizado por: Ruiz, 2022.

ANEXO B: REGISTRO DE DATOS A LOS 20 DÍAS.

Tratamientos	# de hojas	D. tallo	A. planta	C.E.A.riego	C.E.D.riego	E.H.A.riego	E.H.D.riego
Aspersión	2.8	2.03	6.6	305.2	338.5	-6.6	-2.2

Goteo	3.8	1.76	6.8	325.7	348.6	-5.6	-1.1
Gravedad	3.2	1.75	5.9	283.7	306.5	-6.8	-4.2
Testigo	3.6	1.94	5.5	237.6	237.6	-8.2	-8.2
Aspersión	2.5	2.11	6.2	307.5	336.7	-6.2	-2
Goteo	3.6	1.73	6.6	323.8	347.2	-5.5	-1
Gravedad	3.5	1.93	6	285.6	304.7	-6.9	-4.2
Testigo	3.2	1.84	5.1	239.6	239.6	-8.3	-8.3
Aspersión	3.1	2.05	6.1	307.3	338.3	-6.8	-2.1
Goteo	3.7	1.89	7.3	326.3	346.9	-5.4	-1
Gravedad	3.5	2.14	6.7	284.3	306.4	-7.1	-4.3
Testigo	3.4	1.84	6.1	236.7	236.7	-8.1	-8.1

Realizado por: Ruiz, 2022.

ANEXO C: REGISTRO DE DATOS A LOS 40 DÍAS.

Tratamientos	# de hojas	D. tallo	A. planta	C.E.A.riego	C.E.D.riego	E.H.A.riego	E.H.D.riego
Aspersión	5.5	2.94	13.4	322.2	354.2	-6.8	-2.3
Goteo	6.8	2.58	12.9	332.6	373.5	-5.3	-1
Gravedad	5.9	2.46	8.5	291.8	328.4	-6.8	-3.8
Testigo	6.9	2.72	9.5	241.6	241.6	-8.5	-8.5
Aspersión	5.7	2.87	11	324.6	355.6	-7	-2.3
Goteo	6.2	2.52	13.3	335.1	373.8	-5.5	-1
Gravedad	6.6	2.68	9	290.6	325.9	-6.8	-3.7
Testigo	6.6	2.6	8.7	243.1	243.1	-8.2	-8.2
Aspersión	6.5	2.91	11.3	321.4	353.3	-6.5	-2.4
Goteo	6.4	2.59	14.1	332.5	373.1	-5.5	-1
Gravedad	7.1	2.81	10.5	289.7	327.5	-6.9	-3.6
Testigo	7	2.42	8.9	243.4	243.4	-8.4	-8.4

Realizado por: Ruiz, 2022.

ANEXO D: REGISTRO DE DATOS A LOS 60 DÍAS.

Tratamientos	# de hojas	D. tallo	A. planta	C.E.A.riego	C.E.D.riego	E.H.A.riego	E.H.D.riego
Aspersión	18.1	4.07	30.6	312.7	348.9	-7.3	-2.4

Goteo	19.5	3.85	32.4	338.2	365.7	-6.2	-1.2
Gravedad	14.5	3.78	25.6	308.1	334.7	-7.2	-4.1
Testigo	14.6	3.45	24.9	272.7	272.7	-8.6	-8.6
Aspersión	18.1	4.11	28.5	311.2	350.1	-7.3	-2.6
Goteo	18.8	4.16	32.9	336.9	366.8	-6.1	-2
Gravedad	15	3.62	28.5	310.6	334.8	-7.1	-4
Testigo	13.7	3.76	28.6	275.3	275.3	-8.5	-8.5
Aspersión	20.6	4.45	33.5	310.8	347.8	-7.2	-2.6
Goteo	18.6	4.3	33.2	337.7	366.3	-6.3	-1.3
Gravedad	16.5	3.63	29.7	310.4	333.9	-7.2	-4
Testigo	14.7	3.36	28	274.8	274.8	-8.7	-8.7

Realizado por: Ruiz, 2022.

ANEXO E: REGISTRO DE DATOS A LOS 80 DÍAS.

Tratamientos	# de hojas	D. tallo	A. planta	C.E.A.riego	C.E.D.riego	E.H.A.riego	E.H.D.riego
Aspersión	39.5	4.32	69.2	352.1	377.3	-7.8	-2.7
Goteo	41.1	4.82	71.6	355.3	397.7	-6.5	-1.4
Gravedad	35.4	3.56	56.4	330.2	358.1	-7.3	-3.5
Testigo	34.7	3.68	50.4	274.5	274.5	-9.2	-9.2
Aspersión	39.6	4.1	70.6	356.7	376.7	-7.5	-2.6
Goteo	48.8	4.86	71.4	357.5	396.5	-6.4	-1.2
Gravedad	39.1	4.14	58.9	331.5	359.5	-7.3	-3.7
Testigo	34.9	3.85	51.8	273.1	273.1	-8.9	-8.9
Aspersión	41.8	4.27	68.8	353.9	376.1	-7.6	-2.7
Goteo	40.9	4.63	71	356.2	397.2	-6.5	-1.3
Gravedad	35.7	3.83	59.4	330.2	358.4	-7.2	-3.7
Testigo	27.4	3.72	44.8	276.8	276.8	-9	-9

Realizado por: Ruiz, 2022.

ANEXO F: REGISTRO DE DATOS A LOS 100 DÍAS.

Tratamientos	# de hojas	D. tallo	A. planta	C.E.A.riego	C.E.D.riego	E.H.A.riego	E.H.D.riego
Aspersión	43.4	4.62	90.9	362.3	390.2	-7.5	-2.8

Goteo	47.2	5.27	104.3	386.8	412.6	-6.7	-1.7
Gravedad	43.9	3.96	65.4	355.2	376.5	-7.5	-4.2
Testigo	42.7	3.98	58.5	329.4	329.4	-9.1	-9.1
Aspersión	44.2	4.42	91.8	360.7	390.5	-7.5	-2.7
Goteo	55.4	5.42	107.2	386.1	415.3	-6.5	-1.8
Gravedad	47.9	4.52	69.6	357.8	378.3	-7.6	-4.3
Testigo	43.9	4.16	59.8	330.6	330.6	-9	-9
Aspersión	47.1	4.61	88.1	362.7	388.8	-7.5	-2.9
Goteo	47.6	5.14	105	387.7	413.9	-6.6	-1.7
Gravedad	45.3	4.23	68.5	357.2	375.6	-7.5	-4.1
Testigo	36.8	4.02	52.2	330.6	330.6	-9	-9

Realizado por: Ruiz, 2022.

ANEXO G: REGISTRO DE DATOS A LOS 120 DÍAS.

Tratamientos	# de hojas	D. tallo	A. planta	C.E.A.riego	C.E.D.riego	E.H.A.riego	E.H.D.riego
Aspersión	48.4	4.95	101.8	388.4	407.3	-7.6	-3.1
Goteo	51.4	5.57	113.7	400.4	458.7	-7.1	-1.8
Gravedad	47.5	4.17	73.2	368.8	397.5	-8.2	-4.3
Testigo	47.8	4.18	63.4	345.3	345.3	-9.3	-9.3
Aspersión	49	4.73	104.7	389.7	405.6	-7.5	-3.3
Goteo	60.4	5.71	112.1	401.2	460.5	-6.9	-1.6
Gravedad	47.4	4.72	76.8	367.5	399.2	-8.1	-4.2
Testigo	49	4.36	64.5	347.6	347.6	-9.2	-9.2
Aspersión	50.1	4.83	99.6	388.8	406.4	-7.7	-3.5
Goteo	52.5	5.44	114.7	401.8	461.7	-6.8	-1.9
Gravedad	50	4.43	75.9	369.4	398.6	-8.3	-4.4
Testigo	40.8	4.22	57.2	346.2	346.2	-9.4	-9.4

Realizado por: Ruiz, 2022.

ANEXO H: CONTENIDO RELATIVO DE AGUA (%).

Repeticiones	Tratamientos	WRC
1	Aspersión	82.68
1	Goteo	88.41

1	Gravedad	71
1	Testigo	65.25
2	Aspersión	83.62
2	Goteo	91.98
2	Gravedad	72.75
2	Testigo	66.11
3	Aspersión	82.21
3	Goteo	89.45
3	Gravedad	72.59
3	Testigo	63.51

Realizado por Ruiz, 2022.

ANEXO I: MATERIA SECA DE LA VAINA (%).

Repeticiones	Tratamientos	Materia seca de la Vaina
1	Aspersión	18.43
1	Goteo	12.53
1	Gravedad	24
1	Testigo	33.86
2	Aspersión	17.76
2	Goteo	10.39
2	Gravedad	23.22
2	Testigo	33.67
3	Aspersión	18.16
3	Goteo	11.87
3	Gravedad	22.85
3	Testigo	35.07

Realizado por Ruiz, 2022.

ANEXO J: MATERIA SECA DE LA PLANTA (%).

Repeticiones	Tratamientos	Materia seca de la planta
1	Aspersión	17.56

1	Goteo	17.50
1	Gravedad	23
1	Testigo	29.75
2	Aspersión	17.21
2	Goteo	15.89
2	Gravedad	21.97
2	Testigo	27.90
3	Aspersión	17.39
3	Goteo	17.24
3	Gravedad	22.08
3	Testigo	31.08

Realizado por: Ruiz, 2022.

ANEXO K: COEFICIENTE DE UNIFORMIDAD (%).

Repeticiones	Tratamientos	Eficiencia
1	Aspersión	76.9
1	Goteo	94.0
1	Gravedad	63.0
2	Aspersión	79.7
2	Goteo	92.5
2	Gravedad	52.5
3	Aspersión	77.3
3	Goteo	94.8
3	Gravedad	57.7

Realizado por: Ruiz, 2022.

ANEXO M: HUELLA HÍDRICA VERDE, AZUL Y MATERIA SECA.

Tratamientos	Precipitaciones (L)	Riego(L)	H.H. verde (L/kg)	H.H. azul (L/kg)	H.H. (MS)
--------------	---------------------	----------	-------------------	------------------	-----------

Aspersión	30560.85	24328.18	163.43	130.0972144	1671.17
Goteo	28351.63	20642.67	119.63	87.09985699	1181.50
Gravedad	26922.14	30665.40	197.96	225.4808946	1831.80
Testigo	22092.18	0	334.73	0	1125.22
Aspersión	30560.85	24328.18	162.56	129.4052128	1696.18
Goteo	28351.63	20642.67	120.13	87.46894068	1306.83
Gravedad	26922.14	30665.4	196.51	223.8350365	1913.54
Testigo	22092.18	0	334.73	0	1199.75
Aspersión	30560.85	24328.18	164.31	130.7966667	1696.67
Goteo	28351.63	20642.67	119.63	87.09987342	1199.18
Gravedad	26922.14	30665.4	195.09	222.2130435	1890.04
Testigo	22092.18	0	339.88	0	1093.70

Realizado por: Ruiz, 2022.

ANEXO N: RENDIMIENTO EN Kg POR PARCELA NETA.

Repeticiones	Tratamientos	Kg
1	Aspersión	187
1	Goteo	237
1	Gravedad	136
1	Testigo	66
2	Aspersión	188
2	Goteo	236
2	Gravedad	137
2	Testigo	66
3	Aspersión	186
3	Goteo	237
3	Gravedad	138
3	Testigo	65

Realizado por: Ruiz, 2022.

ANEXO Ñ: RENDIMIENTO EN Kg POR HECTÁREA.

Repeticiones	Tratamientos	Kg
1	Aspersión	13253.01

1	Goteo	18105.42
1	Gravedad	10941.27
1	Testigo	6470.59
2	Aspersión	13323.88
2	Goteo	18029.03
2	Gravedad	11021.72
2	Testigo	6470.59
3	Aspersión	13181.14
3	Goteo	18105.42
3	Gravedad	11102.17
3	Testigo	6372.55

Realizado por: Ruiz, 2022.

ANEXO O: PESTICIDAS Y FERTILIZANTES EMPLEADOS EN LA INVESTIGACIÓN.

Arveja			
Fecha	Nombre comercial	Ingrediente activo	Tipo
13/06/2021	Quimasa	10-26-26	Fertilizante edáfico
22/06/2021	sencor	Metribuzina	Herbicida
	pH Ned	Acido ortofosforico	Regulador de pH
30/06/2021	Curacron	Profenofos	Insecticida
	pH Ned	Acido ortofosforico	Regulador de pH
	Novak	Metil tiofanato	Fungicida
	Metacontrol	Metalaxil + mancozeb	Fungicida
	Humicraft	Aminoacidos, Acidos humicos, MO	Fertilizante
13/07/2021	Novak	Metil tiofanato	Fungicida
	Indicate 5	Acido ortofosforico	Regulador de pH
	Metacontrol	Metalaxil + mancozeb	Fungicida
	Humicraft	Aminoacidos, Acidos humicos, MO	Fertilizante
	Agrostemin	Extracto de algas marinas	Fertilizante
	Endgusamyl	Metomyl	Insecticida
11/08/2021	Indicate 5	Acido ortofosforico	Regulador de pH
	Rotal del monte	Clorotalonil	Fungicida
	Libertaje	Azoxystrobin + flutriafol	Fungicida
	Trivia	Propineb	Fungicida
	Fertilon combi	Microelementos	Fertilizante
	Ankor flex - inicio	Aminoacidos, Macro y microelementos	Fertilizante
11/08/2021	Harvest	Acephate	Insecticida
25/08/2021	Indicate 5	Acido ortofosforico	Regulador de pH
	Rotal del monte	Clorotalonil	Fungicida
	Libertaje	Azoxystrobin + flutriafol	Fungicida
	Nitrofoska engrose	10_12_24	Fertilizante
	Fertilon combi	Microelementos	Fertilizante
	Ankor flex - inicio	Aminoacidos, Macro y microelementos	Fertilizante
	Auxim-Ca	Calcio-Boro	Fertilizante
15/09/2021	K-50	Potasio + EDTA	Fertilizante
15/09/2021	Auxim-Ca	Calcio-Boro	Fertilizante
	Indicate 5	Acido ortofosforico	Regulador de pH

	Humicraft	Aminoacidos, Acidos humicos, MO	Fertilizante
	Limber	Iprodione	Fungicida
	Topsin M	Metil tiofanato	Fungicida
	Hakaphos base	7-12-40 y Microelementos	Fertilizante

Realizado por: Ruiz, 2022.

ANEXO P: PROGRAMACIÓN DE RIEGO EN GRAVEDAD.

Área de riego (1330 m2)											
FECHA	Nº LLAVES	CAUDAL l/s	caudal total	ETC	Precipitación	Lamina aplicada	EFICIENCIA	VOLUMEN(L/m2)	VOLUMEN PARCELA(L)	tiempo R.(s)	Tiempo (min)
23/6/21	48	0.2	9.6	5.92	0	9.10	3.18	9.10	11312.91	1178.43	19.64
26/6/21	48	0.2	9.6	1.76	11.1	0.00	0.95	2.71	0.00	0.00	0.00
29/6/21	48	0.2	9.6	2.39	3.65	0.03	1.29	3.68	32.08	3.34	0.06
2/7/21	48	0.2	9.6	3.09	0	4.75	1.66	4.75	5904.88	615.09	10.25
5/7/21	48	0.2	9.6	5	1.65	6.04	2.69	7.69	7504.70	781.74	13.03
8/7/21	48	0.2	9.6	5.4	0	8.31	2.91	8.31	10319.21	1074.92	17.92
11/7/21	48	0.2	9.6	3.16	3.1	1.76	1.70	4.86	2186.90	227.80	3.80
14/7/21	48	0.2	9.6	1.92	0	2.95	1.03	2.95	3669.05	382.19	6.37
17/7/21	48	0.2	9.6	5.33	0.05	8.15	2.87	8.20	10123.32	1054.51	17.58
20/7/21	48	0.2	9.6	6.43	6.94	2.95	3.46	9.89	3664.55	381.72	6.36
24/7/21	48	0.2	9.6	8.37	2.5	10.37	4.50	12.87	12888.53	1342.55	22.38
27/7/21	48	0.2	9.6	4.22	4.95	1.54	2.27	6.49	1913.90	199.36	3.32
31/7/21	48	0.2	9.6	8.41	0.05	12.88	4.52	12.93	16009.09	1667.61	27.79
3/8/21	48	0.2	9.6	7.11	0.95	9.99	3.83	10.94	12406.59	1292.35	21.54
6/8/21	48	0.2	9.6	7.57	0.5	11.14	4.07	11.64	13844.76	1442.16	24.04
8/8/21	48	0.2	9.6	5.9	0	9.07	3.17	9.07	11274.69	1174.45	19.57
12/8/21	48	0.2	9.6	11.24	0	17.29	6.05	17.29	21479.25	2237.42	37.29
15/8/21	48	0.2	9.6	4.69	6.1	1.11	2.52	7.21	1383.18	144.08	2.40
18/8/21	48	0.2	9.6	8.8	1.45	12.08	4.73	13.53	15014.87	1564.05	26.07
22/08/2021	48	0.2	9.6	7.57	0.7	10.94	4.07	11.64	13596.26	1416.28	23.60
26/08/2021	48	0.2	9.6	10.23	2.15	13.58	5.50	15.73	16877.80	1758.10	29.30
29/08/2021	48	0.2	9.6	5.01	0.25	7.46	2.70	7.71	9263.31	964.93	16.08
01/09/2021	48	0.2	9.6	5.66	1.25	7.46	3.05	8.71	9262.94	964.89	16.08
04/09/2021	48	0.2	9.6	8.96	3.85	9.93	4.82	13.78	12338.62	1285.27	21.42
06/09/2021	48	0.2	9.6	4.34	25.2	0.00	2.33	6.67	0.00	0.00	0.00
13/09/2021	48	0.2	9.6	10.57	14.7	1.56	5.69	16.26	1934.15	201.47	3.36
16/09/2021	48	0.2	9.6	6.47	6.65	3.30	3.48	9.95	4101.32	427.22	7.12

19/09/2021	48	0.2	9.6	6.53	0	10.04	3.51	10.04	12478.60	1299.85	21.66
22/09/2021	48	0.2	9.6	6.57	1.15	8.95	3.53	10.10	11126.17	1158.98	19.32
26/09/2021	48	0.2	9.6	8.03	0	12.35	4.32	12.35	15345.05	1598.44	26.64
01/10/2021	48	0.2	9.6	12.1	0.7	17.91	6.51	18.61	22252.93	2318.01	38.63
06/10/2021	48	0.2	9.6	10.37	2.25	13.70	5.58	15.95	17021.08	1773.03	29.55
10/10/2021	48	0.2	9.6	9.05	16.55	0.00	4.87	13.92	0.00	0.00	0.00
16/10/2021	48	0.2	9.6	6.72	18.5	0.00	3.62	10.34	0.00	0.00	0.00
20/10/2021	48	0.2	9.6	4.48	10.75	0.00	2.41	6.89	0.00	0.00	0.00
21/10/2021	48	0.2	9.6	1.15	12.75	0.00	0.62	1.77	0.00	0.00	0.00
23/10/2021	48	0.2	9.6	1.47	11.15	0.00	0.79	2.26	0.00	0.00	0.00
24/10/2021	48	0.2	9.6	0.88	13	0.00	0.47	1.35	0.00	0.00	0.00
27/10/2021	48	0.2	9.6	2.57	21	0.00	1.38	3.95	0.00	0.00	0.00
29/10/2021	48	0.2	9.6	1.56	11.05	0.00	0.84	2.40	0.00	0.00	0.00

Realizado por: Ruiz, 2022.

ANEXO Q: PROGRAMACIÓN DE RIEGO EN ASPERSIÓN.

Área a regar (1330 m2)										
FECHA	Nº ASPERSORES	CAUDAL l/min	caudal total(l/min)	Precipitación	Lamina - precipitación	ETC	EFICIENCIA	VOLUMEN(L/m2)	VOLUMEN PARCELA(L)	tiempo R.(min)
23/6/21	12	4.6	55.2	0	6.82	5.92	0.90	6.82	9616.95	174.22
26/6/21	12	4.6	55.2	11.1	0.00	1.76	0.27	2.03	0.00	0.00
29/6/21	12	4.6	55.2	3.65	0.00	2.39	0.36	2.75	0.00	0.00
2/7/21	12	4.6	55.2	0	3.56	3.09	0.47	3.56	5019.66	90.94
5/7/21	12	4.6	55.2	1.65	4.11	5	0.76	5.76	5794.27	104.97
8/7/21	12	4.6	55.2	0	6.22	5.4	0.82	6.22	8772.22	158.92
11/7/21	12	4.6	55.2	3.1	0.54	3.16	0.48	3.64	759.27	13.75
14/7/21	12	4.6	55.2	0	2.21	1.92	0.29	2.21	3119.01	56.50
17/7/21	12	4.6	55.2	0.05	6.09	5.33	0.81	6.14	8587.95	155.58
20/7/21	12	4.6	55.2	6.94	0.46	6.43	0.97	7.40	653.09	11.83

24/7/21	12	4.6	55.2	2.5	7.14	8.37	1.27	9.64	10069.43	182.42
27/7/21	12	4.6	55.2	4.95	0.00	4.22	0.64	4.86	0.00	0.00
31/7/21	12	4.6	55.2	0.05	9.63	8.41	1.27	9.68	13591.36	246.22
3/8/21	12	4.6	55.2	0.95	7.24	7.11	1.08	8.19	10209.63	184.96
6/8/21	12	4.6	55.2	0.5	8.22	7.57	1.15	8.72	11591.85	210.00
8/8/21	12	4.6	55.2	0	6.79	5.9	0.89	6.79	9584.46	173.63
12/8/21	12	4.6	55.2	0	12.94	11.24	1.70	12.94	18259.20	330.78
15/8/21	12	4.6	55.2	6.1	0.00	4.69	0.71	5.40	0.00	0.00
18/8/21	12	4.6	55.2	1.45	8.68	8.8	1.33	10.13	12249.51	221.91
22/08/2021	12	4.6	55.2	0.7	8.02	7.57	1.15	8.72	11309.65	204.88
26/08/2021	12	4.6	55.2	2.15	9.63	10.23	1.55	11.78	13584.82	246.10
29/08/2021	12	4.6	55.2	0.25	5.52	5.01	0.76	5.77	7785.92	141.05
01/09/2021	12	4.6	55.2	1.25	5.27	5.66	0.86	6.52	7430.83	134.62
04/09/2021	12	4.6	55.2	3.85	6.47	8.96	1.36	10.32	9123.03	165.27
06/09/2021	12	4.6	55.2	25.2	0.00	4.34	0.66	5.00	0.00	0.00
13/09/2021	12	4.6	55.2	14.7	0.00	10.57	1.60	12.17	0.00	0.00
16/09/2021	12	4.6	55.2	6.65	0.80	6.47	0.98	7.45	1127.26	20.42
19/09/2021	12	4.6	55.2	0	7.52	6.53	0.99	7.52	10607.88	192.17
22/09/2021	12	4.6	55.2	1.15	6.41	6.57	0.99	7.56	9050.21	163.95
26/09/2021	12	4.6	55.2	0	9.24	8.03	1.21	9.24	13044.61	236.32
01/10/2021	12	4.6	55.2	0.7	13.23	12.1	1.83	13.93	18668.56	338.20
06/10/2021	12	4.6	55.2	2.25	9.69	10.37	1.57	11.94	13671.15	247.67
10/10/2021	12	4.6	55.2	16.55	0.00	9.05	1.37	10.42	0.00	0.00
16/10/2021	12	4.6	55.2	18.5	0.00	6.72	1.02	7.74	0.00	0.00
20/10/2021	12	4.6	55.2	10.75	0.00	4.48	0.68	5.16	0.00	0.00
21/10/2021	12	4.6	55.2	12.75	0.00	1.15	0.17	1.32	0.00	0.00
23/10/2021	12	4.6	55.2	11.15	0.00	1.47	0.22	1.69	0.00	0.00
24/10/2021	12	4.6	55.2	13	0.00	0.88	0.13	1.01	0.00	0.00
27/10/2021	12	4.6	55.2	21	0.00	2.57	0.39	2.96	0.00	0.00
29/10/2021	12	4.6	55.2	11.05	0.00	1.56	0.24	1.80	0.00	0.00

Realizado por: Ruiz, 2022.

ANEXO R: PROGRAMACIÓN DE RIEGO EN GOTEO.

Área a regar (1330 m2)										
FECHA	Nº GOTEROS	CAUDAL l/min	caudal total(l/min)	ETC	Precipitación	Lamina - precipitación	EFICIENCIA	VOLUMEN(L/m2)	VOLUMEN PARCELA(L)	Tiempo R.(min)
23/6/21	8547	0.026	222.2	5.92	0	6.33	0.41	6.33	8289.40	37.3
26/6/21	8547	0.026	222.2	1.76	11.1	0.00	0.12	1.88	0.00	0.0
29/6/21	8547	0.026	222.2	2.39	3.65	0.00	0.17	2.56	0.00	0.0
02/7/21	8547	0.026	222.2	3.09	0	3.31	0.22	3.31	4326.73	19.5
05/7/21	8547	0.026	222.2	5	1.65	3.70	0.35	5.35	4841.34	21.8
08/7/21	8547	0.026	222.2	5.4	0	5.78	0.38	5.78	7561.28	34.0
11/7/21	8547	0.026	222.2	3.16	3.1	0.28	0.22	3.38	366.85	1.7
14/7/21	8547	0.026	222.2	1.92	0	2.05	0.13	2.05	2688.46	12.1
17/7/21	8547	0.026	222.2	5.33	0.05	5.65	0.37	5.70	7397.81	33.3
20/7/21	8547	0.026	222.2	6.43	6.94	0.00	0.45	6.88	0.00	0.0
24/7/21	8547	0.026	222.2	8.37	2.5	6.45	0.58	8.95	8447.49	38.0
27/7/21	8547	0.026	222.2	4.22	4.95	0.00	0.29	4.51	0.00	0.0
31/7/21	8547	0.026	222.2	8.41	0.05	8.95	0.59	9.00	11710.55	52.7
3/8/21	8547	0.026	222.2	7.11	0.95	6.66	0.50	7.61	8712.14	39.2
6/8/21	8547	0.026	222.2	7.57	0.5	7.60	0.53	8.10	9945.30	44.8
8/8/21	8547	0.026	222.2	5.9	0	6.31	0.41	6.31	8261.40	37.2
12/8/21	8547	0.026	222.2	11.24	0	12.02	0.78	12.02	15738.67	70.8
15/8/21	8547	0.026	222.2	4.69	6.1	0.00	0.33	5.02	0.00	0.0
18/8/21	8547	0.026	222.2	8.8	1.45	7.96	0.61	9.41	10424.04	46.9
22/08/2021	8547	0.026	222.2	7.57	0.7	7.40	0.53	8.10	9683.50	43.6
26/08/2021	8547	0.026	222.2	10.23	2.15	8.79	0.71	10.94	11510.08	51.8
29/08/2021	8547	0.026	222.2	5.01	0.25	5.11	0.35	5.36	6687.94	30.1
01/09/2021	8547	0.026	222.2	5.66	1.25	4.80	0.39	6.05	6289.09	28.3
04/09/2021	8547	0.026	222.2	8.96	3.85	5.73	0.62	9.58	7506.48	33.8
06/09/2021	8547	0.026	222.2	4.34	25.2	0.00	0.30	4.64	0.00	0.0

13/09/2021	8547	0.026	222.2	10.57	14.7	0.00	0.74	11.31	0.00	0.0
16/09/2021	8547	0.026	222.2	6.47	6.65	0.27	0.45	6.92	354.69	1.6
19/09/2021	8547	0.026	222.2	6.53	0	6.99	0.46	6.99	9143.55	41.1
22/09/2021	8547	0.026	222.2	6.57	1.15	5.88	0.46	7.03	7694.21	34.6
26/09/2021	8547	0.026	222.2	8.03	0	8.59	0.56	8.59	11243.91	50.6
01/10/2021	8547	0.026	222.2	12.1	0.7	12.24	0.84	12.94	16026.57	72.1
06/10/2021	8547	0.026	222.2	10.37	2.25	8.84	0.72	11.09	11575.21	52.1
10/10/2021	8547	0.026	222.2	9.05	16.55	0.00	0.630785	9.680785	0.00	0
16/10/2021	8547	0.026	222.2	6.72	18.5	0.00	0.468384	7.188384	0.00	0
20/10/2021	8547	0.026	222.2	4.48	10.75	0.00	0.312256	4.792256	0.00	0
21/10/2021	8547	0.026	222.2	1.15	12.75	0.00	0.080155	1.230155	0.00	0
23/10/2021	8547	0.026	222.2	1.47	11.15	0.00	0.102459	1.572459	0.00	0
24/10/2021	8547	0.026	222.2	0.88	13	0.00	0.061336	0.941336	0.00	0
27/10/2021	8547	0.026	222.2	2.57	21	0.00	0.179129	2.749129	0.00	0
29/10/2021	8547	0.026	222.2	1.56	11.05	0.00	0.108732	1.668732	0.00	0

Realizado por: Ruiz, 2022.



epoch

Dirección de Bibliotecas y
Recursos del Aprendizaje

UNIDAD DE PROCESOS TÉCNICOS Y ANÁLISIS BIBLIOGRÁFICO Y
DOCUMENTAL

REVISIÓN DE NORMAS TÉCNICAS, RESUMEN Y BIBLIOGRAFÍA

Fecha de entrega: 28/ 06 / 2022

INFORMACIÓN DEL AUTOR/A (S)
Nombres – Apellidos: Jose Luis Ruiz León
INFORMACIÓN INSTITUCIONAL
Facultad: Recursos Naturales
Carrera: Agronomía
Título a optar: Ingeniero Agrónomo
f. responsable: Ing. Cristhian Fernando Castillo Ruiz


D.B.R.A.I.
Ing. Cristhian Castillo



1268-DBRA-UTP-2022