

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN CRISTÓBAL
DE HUAMANGA**

FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS

ESCUELA PROFESIONAL DE AGRONOMÍA



**Instalación de un sistema de fertirriego por goteo y efecto del
ácido húmico en el rendimiento de quinua negra
(*Chenopodium quinoa* W.) en Canaán,
2735 msnm – Ayacucho**

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
INGENIERO AGRÓNOMO**

**PRESENTADO POR:
Roman Urbano Huicho**

Ayacucho – Perú

2019

Con todo el mayor afecto del mundo quiero dedicar este trabajo en primer lugar a mis padres: Alejandro y Rosa, quienes son los pilares, motivo fundamental de mi vida y autores de mi realización como persona y futuro profesional. Esfuerzo y sacrificio hicieron posible lograr mis metas y aspiraciones.

A mi gran amigo Richard que me ve desde lo alto, por su enseñanza y verdadera amistad incondicional.

AGRADECIMIENTO

A la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga, alma mater de mi formación profesional.

A la Facultad de Ciencias Agrarias; y a los profesores de la gloriosa Escuela Profesional de Agronomía, quienes con sus enseñanzas y experiencias han contribuido en mi formación profesional.

Al M.Sc. Ing. Rubén Meneses Rojas y al Ing. Edgar Tenorio Mancilla, asesores del presente trabajo, quienes supieron brindarme la ayuda y su valiosa orientación del presente trabajo de investigación.

Al Centro Experimental Canaán de la – UNSCH y a toda la plana de trabajadores por brindarme su apoyo, confianza y hacerme grata mi estancia durante el tiempo que duró este trabajo.

A la empresa RESISTEM por la dotación de materiales de equipos de riego y a su equipo técnico en el aporte de ideas y apostar por esta nueva tecnología de riego en la región, quienes hicieron posible la realización del trabajo de investigación.

Al Ing. Richard Jorge Palomino y al Tec. Agropec. Demetrio Ccaico Tomaylla, por brindarme sus apoyos en las sugerencias y la construcción e instalación del sistema de riego tecnificado.

A mis amigos (as) y demás personas con mucha estimación, quienes de alguna manera me brindaron su apoyo moral en todo momento de mi vida estudiantil.

ÍNDICE GENERAL

	Pág.
Dedicatoria.....	ii
Agradecimiento.....	iii
Índice general.....	iv
Índice de tablas	vii
Índice de figuras.....	xi
Índice de anexos.....	xiii
RESUMEN	14
INTRODUCCIÓN	15
CAPÍTULO I: MARCO TEÓRICO	18
1.1. Factores que influyen sobre el régimen de riego	18
1.1.1. Factores del suelo	18
1.1.2. Factores del cultivo.....	23
1.1.3. Factores del clima	25
1.2. Riego localizado	26
1.2.1. Riego por goteo	26
1.2.2. Diseño agronómico del sistema de riego	27
1.2.3. Cálculo de las necesidades de agua	30
1.2.4. La evapotranspiración del cultivo de referencia (ET _o)	30
1.2.5. La evapotranspiración real (ET _r).....	30
1.2.6. El coeficiente del cultivo (K _c).....	31
1.2.7. Métodos para estimar la ET _o	31
1.2.8. Eficiencia de riego	31
1.2.9. Programación de riego	33
1.2.10. Determinación de la dosis, frecuencia y tiempo de riego, número de emisores por planta y caudal del emisor	33
1.2.11. Datos requeridos para la determinación del régimen de riego	33
1.2.12. Diseño hidráulico del sistema de riego por goteo.....	45
1.3. Rol de los principales fertilizantes.....	53
1.4. Características del cultivo.....	56

1.4.1.	Origen y distribución	56
1.4.2.	Valor nutritivo	56
1.4.3.	Importancia y usos del cultivo de quinua	57
1.4.4.	Taxonomía de la quinua	58
1.4.5.	Morfología de la quinua	58
1.4.6.	Clasificación agroecológica de la quinua	60
1.4.7.	Requerimientos edafoclimáticos del cultivo.....	61
1.4.8.	Fases fenológicas	64
1.4.9.	Plagas y enfermedades.....	68
 CAPÍTULO II: METODOLOGÍA		69
2.1.	Antecedentes.....	69
2.1.1.	Ubicación.....	70
2.1.2.	Vías de acceso	70
2.1.3.	Aspecto ambiental	71
2.1.4.	Equipos y materiales.....	72
2.1.5.	Metodología.....	73
2.1.6.	Fase de campo	74
2.1.7.	Fase de gabinete.....	75
2.1.8.	Estudios previos a la planificación del sistema de riego	79
2.1.9.	Planificación del sistema de riego	80
2.1.10.	Cálculo de las necesidades de agua de los cultivos	80
2.1.11.	Cálculo de la evapotranspiración del cultivo de referencia (ET _o)	80
2.1.12.	Cálculo del coeficiente de cultivo (K _c)	81
2.1.13.	Cálculo de la evapotranspiración de cultivo (ET _c)	81
2.1.14.	Determinación de la dosis, frecuencia y tiempo de riego, número de emisores por planta y caudal del emisor.....	81
2.1.15.	Cálculo de los parámetros de riego.....	82
2.1.16.	Diseño hidráulico de riego por goteo	85
2.1.17.	Diseño de la presión a la entrada del lateral (hm)	85
2.1.18.	Diseño de la presión en la distribuidora.	86
2.1.19.	Cálculo de caudales y presiones en la tubería matriz y secundaria	86
2.1.20.	Diseño del cabezal de riego	86
2.1.21.	Descripción del campo experimental	88

2.1.22. Instalación del sistema de fertirriego por goteo y su conducción.....	88
2.1.23. Variables evaluadas del cultivo	94
2.1.24. Evaluación del sistema de riego por goteo	96
CAPÍTULO III: RESULTADOS Y DISCUSIÓN	99
3.1. Planificación del sistema de riego.....	99
3.1.1. Determinación del régimen de riego de los cultivos.....	101
3.1.2. Diseño agronómico e hidráulico del sistema de riego por goteo	112
3.1.3. Evaluación del sistema de riego por goteo.....	128
3.1.4. Efectos del ácido húmico en el rendimiento de quinua negra.....	132
CONCLUSIONES	148
RECOMENDACIONES	150
REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA	151
ANEXOS.....	154

ÍNDICE DE TABLAS

		Pág.
Tabla 1.1.	Valores representativos del peso específico aparente de los suelos....	19
Tabla 1.2.	Clasificación de la textura del suelo	20
Tabla 1.3.	Porcentaje del área bajo riego recomendada para los diferentes sistemas de riego	24
Tabla 1.4.	Eficiencia en los sistemas de riego a presión	25
Tabla 1.5.	Cuadro de Keller para valores de “M”.....	47
Tabla 1.6.	Composición química del ácido húmico (TERRAMNAR).....	53
Tabla 1.7.	Valor nutricional (Análisis físico/químico en 100g de muestra).....	57
Tabla 1.8.	Reporte de rendimiento de quinua a nivel nacional e internacional.	67
Tabla 2.1.	Registro de precipitación estación meteorológica de INIA.....	75
Tabla 2.2.	Resultados de la prueba de infiltración.....	76
Tabla 2.3.	Función de la velocidad de infiltración acumulada (Iac): muestra 01.....	77
Tabla 2.4.	Función de la velocidad de infiltración (I).....	78
Tabla 2.5.	Planificación del sistema de riego	79
Tabla 2.6.	Quimificación en el cultivo de la quinua negra.....	93
Tabla 3.1.	Cédula, área y calendario del cultivo	100
Tabla 3.2.	Resumen de la cédula de cultivo.....	100
Tabla 3.3.	Datos de precipitación mensual – Estación meteorológica del INIA.....	104
Tabla 3.4.	Reporte del análisis de caracterización del centro experimental Canaán, 2015.....	105
Tabla 3.5.	Reporte del análisis físico suelo del centro experimental Canaán, 2015.....	106
Tabla 3.6.	Reporte del análisis de agua para riego del centro experimental Canaán, 2015.....	107
Tabla 3.7.	Resultados de la prueba de infiltración básica.....	107
Tabla 3.8.	Resumen de Kc.....	108
Tabla 3.9.	Coefficiente de cultivo (Kc).....	109
Tabla 3.10.	Determinación de la evapotranspiración potencial (ET _o) - estación meteorológica de INIA. Método Penman (modificado por la FAO)	110

Tabla 3.11.	Demanda de agua en el cultivo.....	111
Tabla 3.12.	Resumen de la pérdida de carga en el arco de riego.....	124
Tabla 3.13.	Resumen de la pérdida de carga en el arco de riego.....	124
Tabla 3.14.	Evaluación del coeficiente de uniformidad de un sistema de riego por goteo en el cultivo de quinua negra en el C.E. Canaán-UNSCH.....	128
Tabla 3.15.	Profundidad y radio de los tratamientos evaluados.....	130
Tabla 3.16.	Análisis de variancia de la altura de planta (cm) de quinua negra (<i>Chenopodium quinoa</i> W.) con tratamientos de ácido húmico en un sistema de fertirriego por goteo. Canaán, 2735 msnm – Ayacucho.....	132
Tabla 3.17.	Prueba de Duncan de la altura de planta (cm) de quinua negra (<i>Chenopodium quinoa</i> W.) con tratamientos de ácido húmico en un sistema de fertirriego por goteo. Canaán, 2735 msnm – Ayacucho.....	133
Tabla 3.18.	Análisis de variancia del diámetro de tallo (mm) de quinua negra (<i>Chenopodium quinoa</i> W.) con tratamientos de ácido húmico en un sistema de fertirriego por goteo. Canaán, 2735 msnm – Ayacucho.....	134
Tabla 3.19.	Prueba de Duncan del diámetro de tallo (mm) de quinua negra (<i>Chenopodium quinoa</i> W.) con tratamientos de ácido húmico en un sistema de fertirriego por goteo. Canaán, 2735 msnm – Ayacucho.....	134
Tabla 3.20.	Análisis de variancia de la longitud de panoja (cm) de quinua negra (<i>Chenopodium quinoa</i> W.) con tratamientos de ácido húmico en un sistema de fertirriego por goteo. Canaán, 2735 msnm – Ayacucho.....	135
Tabla 3.21.	Prueba de Duncan de la longitud de panoja (cm) de quinua negra (<i>Chenopodium quinoa</i> W.) con tratamientos de ácido húmico en un sistema de fertirriego por goteo. Canaán, 2735 msnm – Ayacucho.....	136
Tabla 3.22.	Análisis de variancia del diámetro de panoja (cm) de quinua negra (<i>Chenopodium quinoa</i> W.) con tratamientos de ácido húmico en	

	un sistema de fertirriego por goteo. Canaán, 2735 msnm – Ayacucho.....	137
Tabla 3.23.	Prueba de Duncan del diámetro de panoja (cm) de quinua negra (<i>Chenopodium quinoa</i> W.) con tratamientos de ácido húmico en un sistema de fertirriego por goteo. Canaán, 2735 msnm – Ayacucho.....	137
Tabla 3.24.	Análisis de variancia del peso de panoja (g) de quinua negra (<i>Chenopodium quinoa</i> W.) con tratamientos de ácido húmico en un sistema de fertirriego por goteo. Canaán, 2735 msnm – Ayacucho.....	138
Tabla 3.25.	Prueba de Duncan del peso de panoja (g) de quinua negra (<i>Chenopodium quinoa</i> W.) con tratamientos de ácido húmico en un sistema de fertirriego por goteo. Canaán, 2735 msnm – Ayacucho.....	139
Tabla 3.26.	Análisis de variancia del peso de grano por panoja (g) de quinua negra (<i>Chenopodium quinoa</i> W.) con tratamientos de ácido húmico en un sistema de fertirriego por goteo. Canaán, 2735 msnm – Ayacucho.....	139
Tabla 3.27.	Prueba de Duncan del peso de grano por panoja (g) de quinua negra (<i>Chenopodium quinoa</i> W.) con tratamientos de ácido húmico en un sistema de fertirriego por goteo. Canaán, 2735 msnm – Ayacucho.....	140
Tabla 3.28.	Análisis de variancia del peso de 1000 semillas (g) de quinua negra (<i>Chenopodium quinoa</i> W.) con tratamientos de ácido húmico en un sistema de fertirriego por goteo. Canaán, 2735 msnm – Ayacucho.....	142
Tabla 3.29.	Prueba de Duncan del peso de 1000 semillas (g) de quinua negra (<i>Chenopodium quinoa</i> W.) con tratamientos de ácido húmico en un sistema de fertirriego por goteo. Canaán, 2735 msnm – Ayacucho.....	142
Tabla 3.30.	Análisis de variancia de la segregación (%) de quinua negra (<i>Chenopodium quinoa</i> W.) con tratamientos de ácido húmico en un sistema de fertirriego por goteo. Canaán, 2735 msnm –	

	Ayacucho.....	143
Tabla 3.31.	Prueba de Duncan de la segregación (%) de quinua negra (<i>Chenopodium quinoa</i> W.) con tratamientos de ácido húmico en un sistema de fertirriego por goteo. Canaán, 2735 msnm – Ayacucho.....	144
Tabla 3.32.	Análisis de variancia del rendimiento de grano (kg/ha) de quinua negra (<i>Chenopodium quinoa</i> W.) con tratamientos de ácido húmico en un sistema de fertirriego por goteo. Canaán, 2735 msnm – Ayacucho.....	145
Tabla 3.33.	Prueba de Duncan del rendimiento de grano (kg/ha) de quinua negra (<i>Chenopodium quinoa</i> W.) con tratamientos de ácido húmico en un sistema de fertirriego por goteo. Canaán, 2735 msnm – Ayacucho.....	145
Tabla 3.34.	Coefficiente de correlación r de Pearson (negrita) entre variables de rendimiento de quinua negra (<i>Chenopodium quinoa</i> W.), con p-valor (debajo de negrita).....	147

ÍNDICE DE FIGURAS

		Pág.
Figura 1.1.	Diferentes estructuras del suelo.....	20
Figura 1.2.	Patrón típico de la distribución de agua extraída por las raíces de un cultivo.....	22
Figura 1.3.	Sección transversal en el riego por surcos en función del tiempo, en tipos de suelo.....	24
Figura 1.4.	El bulbo húmedo en riego localizado.....	28
Figura 1.5.	Formación del bulbo húmedo para diferentes tipos de suelo.....	28
Figura 1.6.	Esquema típico de un sistema de riego por goteo.....	29
Figura 1.7.	Secuencia del diseño hidráulico de un RLAF.....	45
Figura 1.8.	Variación de presiones y caudales en la subunidad.....	46
Figura 2.1.	Vista satelital del trabajo de investigación.....	70
Figura 2.2.	Planificación del sistema de riego por goteo.....	73
Figura 2.3.	Croquis de campo para el tratamiento de los ácidos húmicos.....	86
Figura 2.4.	Croquis de la unidad experimental.....	87
Figura 2.5.	Croquis de la evaluación del CU.....	96
Figura 2.6.	Croquis de la evaluación del perfil de humedecimiento del bulbo húmedo.....	97
Figura 2.7.	Disposición de los goteros en el momento de la evaluación.....	97
Figura 2.8.	Medición del perfil de humedad del bulbo húmedo.....	98
Figura 3.1.	Variación de la temperatura - estación INIA.....	101
Figura 3.2.	Variación de la humedad relativa - estación INIA.....	102
Figura 3.3.	Variación de la velocidad de viento - estación INIA.....	102
Figura 3.4.	Variación de la precipitación – INIA.....	103
Figura 3.5.	Curva Kc del cultivo.....	108
Figura 3.6.	Disposición de los laterales de riego del campo experimental.....	112
Figura 3.7.	Forma del reservorio del C.E Canaán.....	125
Figura 3.8.	Forma piramidal del reservorio del C.E Canaán.....	127
Figura 3.9.	Perfil del bulbo húmedo para un caudal 0.725 l/h – C.E Canaán....	129
Figura 3.10.	Ciclo vegetativo y demanda de agua por el cultivo durante el ciclo vegetativo.....	131
Figura 3.11.	Peso de grano por panoja (g) de quinua negra (<i>Chenopodium</i>	

	<i>quinoa</i> W.) sobre tratamientos de ácido húmico en un sistema de fertirriego por goteo. Canaán, 2735 msnm – Ayacucho.....	141
Figura 3.12.	Rendimiento de grano (kg/ha) de quinua negra (<i>Chenopodium quinoa</i> W.) sobre tratamientos de ácido húmico en un sistema de fertirriego por goteo. Canaán, 2735 msnm – Ayacucho.....	146

ÍNDICE DE ANEXOS

	Pág.
Anexo 1. Reporte del análisis de caracterización del suelo del C.E. Canaán (pretesis quinua amarillo).....	155
Anexo 2. Reporte del análisis de caracterización del suelo del C.E. Canaán (tesis quinua negra).....	156
Anexo 3. Reporte del análisis de físico de suelo del C.E Canaán.....	157
Anexo 4. Reporte del análisis de agua del canal de riego C.E Canaán.....	158
Anexo 5. Reporte del análisis de trazabilidad de Quinua negra - C.E Canaán...	159
Anexo 6. Registro de temperaturas máximas mensuales (°C).....	160
Anexo 7. Registro de temperaturas medias mensuales (°C).....	161
Anexo 8. Registro de temperaturas mínimas mensuales (°C).....	162
Anexo 9. Registro mensual de la humedad relativa media (%).....	163
Anexo 10. Registro de la velocidad del viento mensual.....	164
Anexo 11. Registro de nubosidad en octavos.....	165
Anexo 12. Análisis de costos y rentabilidad de la quinua.....	166
Anexo 13. Fertilizantes aplicada en cultivo de quinua negra.....	170
Anexo 14. Agroquímicos aplicada en cultivo de quinua negra.....	171
Anexo 15. Volumen de agua aplicada en cultivo de quinua negra.....	172
Anexo 16. Volumen de agua aplicado vía fertirriego en cultivo de quinua negra	174
Anexo 17. Accesorios usados en el presente trabajo de investigación.....	178
Anexo 18. Panel fotográfico.....	179

RESUMEN

El presente trabajo de investigación se realizó en el C.E de Canaán, perteneciente a la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga, a una altitud de 2735 msnm. El objetivo fue diseñar, instalar, evaluar el sistema de fertirriego por goteo y determinar el efecto de los ácidos húmicos en el rendimiento de la quinua Negra Collana (INIA-420). El trabajo se concretó en tres campañas, la primera fue el diseño agronómico, hidráulico e instalación durante la campaña (2013 – 2014), la segunda en el periodo del 2014 (campaña chica); para lo cual se instaló quinua amarilla con el fin de tener un reporte de la dosis de fertilizante soluble y la tercera campaña se realizó durante los meses de abril a noviembre del 2015, instalándose quinua Negra y añadiendo el factor de la dosis del ácido húmico contenidos en el TERRAMAR (0, 25, 50, 75 y 100 kg/ ha). El sistema de riego se instaló en un área de 1884 m², de las cuales 942 m² se destinó para el estudio y evaluación, a su vez de esta área se destinó 744 m² para el estudio del ácido húmico. Para el efecto del ácido húmico se utilizó el Diseño Completamente Randonizado con 5 tratamientos y 3 repeticiones haciendo un total de 15 unidades experimentales y el análisis estadístico consistió en el análisis de variancia y la prueba de contraste de Duncan. Las características evaluadas en cuanto al rendimiento fueron el carácter productivo del cultivo. Los resultados encontrados fueron: Lamina disponible a nivel de la zona radicular 35.95 mm/zr, el porcentaje del área bajo riego de 66 %, intervalo de riego 3 días, lámina bruta 19.90 mm, horas de riego por día 1.7 h/día, caudal requerido de 9.30 m³/h; Se adquirió una electrobomba centrífuga monofásico de 2 HP. Los componentes del cabezal constan de un filtro de anillo, válvula de aire, inyector venturi, caudalimetro, cilindros de fertilización. Se construyó un reservorio de 50 m³ revestido con geomembrana de HDPE 112 m² de paño y espesor de 0.75 mm, se eligió cintas el modelo EURODRIP clase 8000 con presión de trabajo de 1.00 Bar, caudal de 0.8 l/h, diámetro interno de 16.10 mm; para la red primaria se determinó un diámetro de 63 mm HDPE PN8 y el portallateral de diámetro 32 mm HDPE PN6. Durante el ciclo vegetativo (158 días) se demandó un volumen de 526 m³/942m², el coeficiente de uniformidad de 89.71 %, la forma geométrica del bulbo húmedo es un elipsoide truncado con radio de 15 cm en la superficie y una profundidad máxima de 23 cm en un tiempo de 2.5 h. El rendimiento obtenido por efecto del ácido húmico se le atribuye a la dosis (100 kg/ha) con 7992.67 kg/ha y el rendimiento más bajo se obtuvo con el testigo (0 kg/ha) con 5085.67 kg/ha.

Palabra clave: Fertirriego, dosis, ácido húmico, evaluación y rendimiento.

INTRODUCCIÓN

Quinua (*Chenopodium quinoa* Willd) es un cultivo andino domesticado hace miles de años por las antiguas culturas de la Región Andina de Sud América.

La quinua se cultiva en Sud América en zonas geográficas que van desde el nivel del mar hasta los 4000 msnm, en zonas con precipitaciones de 0 a 1000 mm, en suelos de diferentes texturas y con un rango de pH que fluctúa entre 4 a 9. En un rango de temperaturas debajo de cero a más de 30°C. Dentro de estas condiciones variables de clima los estreses más frecuentes son las sequías, las heladas, la salinidad, las plagas y otros factores. Finalmente, la tecnología usada en su cultivo es bastante variable, desde aquella tradicional hasta aquella moderna altamente tecnificada.

Dependiendo de la interacción de estos factores de clima, suelo y tecnología los rendimientos varían de 1 a 7 Tm/ha.

MINAG (2010) indica que la producción nacional de quinua alcanzada en la campaña 2011 fue de 43 mil toneladas, con un rendimiento promedio nacional de 1.16 Tm/ha; en la región Ayacucho la campaña 2010-2011 se produjo 2,368 toneladas, en una área de 2,589 hectáreas y un rendimiento promedio de 910 kg/ha muy debajo del promedio nacional (1.16 Tm/ha), lo cual nos indica que el rendimiento en general es bajo a nivel de la región de Ayacucho, esto debido a que los agricultores que cultivan quinua descuidan en lo que se refiere principalmente en la selección de semilla, la variedad y la tecnología para su producción.

Es importante señalar que uno de los motivos de los bajos rendimientos de la quinua, se debe al ineficiente uso de los recursos como es el agua, suelo y los fertilizantes a esto sumado la falta de conocer técnicas de riego como el fertirriego por goteo. El uso de este sistema permite que el agua y los fertilizantes no se desperdicien logrando que la

planta utilice solo lo necesario para su normal crecimiento y desarrollo, es decir, se pretende suministrar agua y nutriente en suficiente cantidad y con la frecuencia necesaria. Este tipo de trabajos ya se viene desarrollando en la costa por parte de las empresas agroexportadoras que han dirigido su mirada en este cultivo que tiene cada vez mayor demanda por su alto valor nutricional.

Bajo condiciones de riego en costa se ha observado que el cultivo requiere entre 5000 a 10000 m³ con riego de gravedad y de 3500 a 7500 m³ con riego por goteo (Gómez y Aguilar, 2016). La demanda de agua o cantidad aplicada varía por el clima (invierno, primavera, Verano), el suelo (arenosos, francos, arcilloso) y la variedad (blanca, roja, negra, etc.); al respecto en la sierra no se reporta estos datos, porque no se hacen investigaciones de este índole porque no contamos con la infraestructura, equipos y accesorios necesarios para poder evaluar estos parámetros.

Por otro lado los ácidos húmicos son moléculas complejas orgánicas formadas por la descomposición de la materia orgánica, influyen en la fertilidad del suelo por su efecto en el aumento de su capacidad de retener agua, contribuyen a la estabilidad del suelo resultando en un crecimiento de la planta y en el incremento en la absorción de nutrientes. Reportes sobre ácidos húmicos han indicado un incremento en la permeabilidad de las membranas celulares, estimulando la absorción de nutrientes. Muchos investigadores han observado un efecto positivo en el crecimiento de varios grupos de microorganismos, de esta manera se ve reflejada en el incremento de la calidad y rendimiento en los cultivos; por estos motivos tenemos la necesidad de conocer la dosis para determinar el efecto en el rendimiento de quinua negra.

El presente trabajo contempló la instalación de un módulo de riego por goteo y fertirriego, la obtención de datos fidedignos de los parámetros antes mencionados y encontrado la dosis recomendada de los ácidos húmicos para las condiciones del centro experimental Canaán, con este trabajo el centro experimental estará en la vanguardia en cuanto a sistemas de riego por goteo se refiere, brindando conocimiento, experiencias en el uso racional del recurso elemental para la vida, el que en los últimos años es cada vez más escaso; así mismos el desarrollo adecuado de un plan de nutrición del cultivo mediante la fertirrigación y el uso del ácido húmico en la variedad de quinua Negra Collana (INIA - 420).

Objetivo general

Promover “la instalación de un sistema de fertirriego por goteo y el efecto del ácido húmico en el rendimiento de la quinua negra (*Chenopodium quinoa* W.) en Canaán, 2735 msnm – Ayacucho” para optimizar el uso de agua y nutrientes.

Objetivos específicos

1. Diseñar e Instalar los componentes de un sistema de fertirriego por goteo para la producción de quinua Negra Collana (INIA - 420) en el C.E Canaán – Ayacucho.
2. Evaluar el sistema de riego instalado por goteo en el C.E Canaán.
3. Determinar el efecto de la dosis de aplicación del ácido húmico en el rendimiento de quinua Negra Collana (INIA - 420).

CAPÍTULO I

MARCO TEÓRICO

1.1. FACTORES QUE INFLUYEN SOBRE EL REGIMEN DE RIEGO

Vásquez (1998) menciona que mediante el riego se persigue restituir al suelo la cantidad de agua consumida y darle así al cultivo apropiadas condiciones de humedad a fin de maximizar la producción.

Avidan (1994) indica que existen varios factores que influyen sobre el régimen de riego tales como el suelo y sus propiedades físicas, el potencial hídrico del suelo, el período vegetativo, las condiciones climáticas y el sistema de riego. El conocimiento de estos factores permite determinar el régimen de riego adecuado a cada cultivo a fin de obtener resultados óptimos.

1.1.1. Factores del suelo

A. Propiedades físicas del suelo

A.1. Peso específico aparente (Pea)

Adivan (1994) indica que el peso específico aparente es el peso por unidad de volumen de suelo, el cual incluye el volumen ocupado por las partículas sólidas y el volumen de los poros.

$$\text{Pea (g/cm}^3\text{)} = \frac{\text{Ws (g)}}{\text{Vt (cm}^3\text{)}}$$

.....(1.1)

Dónde:

Pea : Peso Específico aparente del suelo (g/cm³).

Ws : Peso seco de una muestra del suelo (g).

Vt : Volumen total de la muestra del suelo, (cm³).

Tabla 1.1. Valores representativos del peso específico aparente de los suelos

Material	Peso específico aparente (g/cm ³)
Lana roca	0.060 – 0.15
Escoria	0.80 – 0.90
Suelo arcilloso	1.10 – 1.30
Suelo franco	1.30 – 1.45
Suelo ligero	1.50 – 1.70

Fuente: Determinación del régimen de riego de los cultivos- Avidan

A.2. Peso específico real de las partículas (Per)

Adivan (1994) menciona que el peso específico real es el peso por unidad de volumen de las partículas sólidas del suelo. El peso específico real de las partículas minerales del suelo es 2.6 g/cm³. La presencia de materia orgánica reduce este valor.

$$\text{Per (g/cm}^3\text{)} = \frac{\text{Ws (g)}}{\text{Vs (cm}^3\text{)}} \dots\dots\dots(1.2)$$

Dónde:

- Per : Peso Específico real de las partículas (g / cm³).
- Ws : Peso seco de una muestra del suelo (g).
- Vs : Volumen ocupado por las partículas sólidas de la misma muestra de suelo (cm³).

A.3. Porosidad (P)

Adivan (1994) menciona que el volumen ocupado por los poros del suelo. Se les expresa como un porcentaje del volumen total del suelo.

$$\text{P(\%)} = \left[1 - \frac{\text{Pea (g/cm}^3\text{)}}{\text{Per (g/cm}^3\text{)}} \right] \times 100 \dots\dots\dots(1.3)$$

Dónde:

- P : Porosidad total de la muestra del suelo (%).
- Pea : Peso específico aparente del suelo (g/cm³).
- Per : Peso específico real de las partículas (g/cm³).

A.4. Textura del suelo o granulometría

Adivan (1994) expresa la textura de un suelo hace referencia a la proporción relativa de arena, limo y arcilla que contiene.

Tabla 1.2. Clasificación de la textura del suelo

Fracción del suelo	Diámetro equivalente de las partículas (mm)
Arena gruesa	2.0 - 0.2
Arena fina	0.2 - 0.02
Limo	0.02 - 0.002
Arcilla	inferior a 0.002

Fuente: Determinación del régimen de riego de los cultivos – Adivan

A.5. Estructura

Adivan (1994) Es la forma en la cual las partículas que conforman el suelo se asocian entre sí, formando agregados y creando así la estructura del suelo. Las estructuras granular, prismática y de bloques son las más favorables para las plantas.

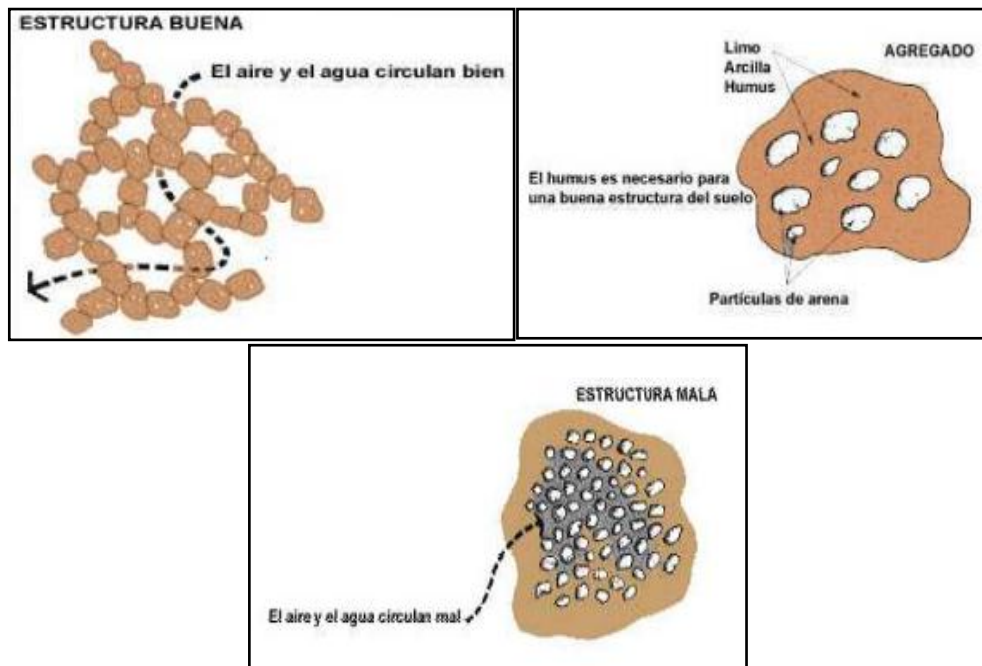


Figura 1.1. Diferentes estructuras del suelo

B. Estados de humedad del suelo

Adivan (1994) hace mención sobre la determinación de la capacidad de almacenamiento de agua en el suelo es de vital importancia para estimar o calcular la lámina de agua que puede estar a disposición de los cultivos.

B.1. Saturación

Adivan (1994) cita que en condiciones de saturación, todos los poros del suelo están llenos de agua y el potencial matriz es igual a cero ($Y_m = 0$).

B.2. Capacidad de campo (HCc)

Adivan (1994) refiere que la capacidad de campo se define como la máxima capacidad de retención de agua de un suelo sin problemas de drenaje, y que alcanza según la textura del suelo entre 12 y 72 horas después de un riego pesado.

En cuanto a los valores de energía de retención del agua, la capacidad de campo se alcanza cuando la tensión matricial tiene un valor medio de $1/3$ de atm en suelo franco, pudiendo variar desde 0.1 atm en suelo arenoso hasta 0.5 atm en suelo arcilloso.

B.3. Punto de marchitez permanente (HPM)

Adivan (1994) refiere a partir de la capacidad de campo, el agua del suelo se va perdiendo progresivamente por evaporación y absorbida por las plantas. Llega un momento en el que las plantas ya no pueden absorber toda el agua que necesitan y se marchitan irreversiblemente. Se dice entonces que el suelo ha alcanzado el punto de marchitamiento.

Este estado marca el límite inferior de aprovechamiento del agua del suelo por las plantas. Se considera que el punto de marchitamiento se alcanza cuando la tensión matricial tiene un valor de 15 atm, aunque puede variar de 10 a 20 atm, correspondiendo la cifra más baja a los suelos muy arenosos, y la más alta a los muy arcillosos.

B.4. Agua disponible en porcentaje de volumen (AD)

Adivan (1994) menciona corresponde el máximo porcentaje de la humedad del suelo que puede ser utilizada por las plantas y expresa la cantidad de agua que un suelo puede almacenar entre los límites de capacidad de campo y el punto de marchitez permanente.

B.5. Humedad aprovechable total o lámina de riego (HAT)

Es la diferencia que existe entre el contenido de la humedad del suelo a Cc y PMP.

$$Ln = \frac{(Cc - PM)}{100} \times \frac{Ds}{Da} \times Pr \times \% HD \quad (1.4)$$

Dónde:

- Ln : Humedad aprovechable del suelo (mm).
- Cc : Contenido de humedad o capacidad de campo.
- PMP : Contenido de humedad o punto de marchitez permanente.
- Pr : Profundidad de la capa enraizada del suelo (mm).
- Ds : Densidad del suelo (gr/cc).
- %HD : Fracción de agotamiento o humedad fácilmente aprovechable.

B.6. Profundidad de raíces (ZR)

Vásquez (1992) menciona que se tiene un determinado patrón de distribución de raíces. El mismo que varía según la edad, las condiciones de humedad a los que han sido sometidos durante su período vegetativo, la naturaleza física del suelo y las características intrínsecas del perfil del suelo.

Si la profundidad de enrizamiento (D) de un cultivo cualquiera se divide en 4 partes iguales, el patrón de agua extraída por el cultivo según la profundidad, empezando de arriba hacia abajo, será de: 40%, 30%, 20% y 10% respectivamente.

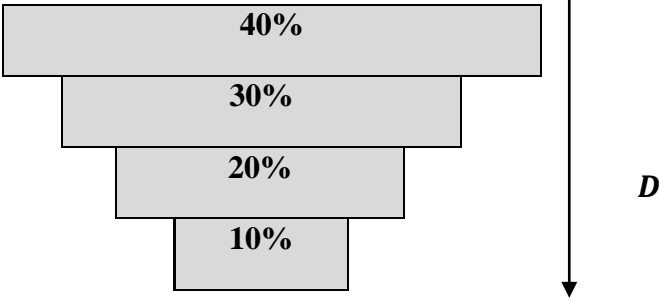


Figura 1.2. Patrón típico de la distribución de agua extraída por las raíces de un cultivo

Fuente: El riego – Vásquez

B.7. Movimiento del agua en el suelo

B.7.1. Infiltración

Vásquez (1992) indican que las características de infiltración de un suelo constituyen un elemento básico para poder efectuar un adecuado diseño del sistema de riego y determinar el tiempo de riego apropiado.

La infiltración puede ser definida como la entrada vertical (gravitacional) del agua en el perfil del suelo.

La velocidad de infiltración es la relación entre la lámina de agua infiltrada y el tiempo en que se infiltra dicha lámina. Unidades: cm/hora, mm/hora, mm/minuto.

B.7.2. Velocidad de infiltración instantánea (I)

Chanduvi (1970) define a la velocidad de infiltración, como la velocidad del agua en el perfil del suelo, cuando la superficie se cubre con una lámina de agua. La función que describe la velocidad de infiltración en un punto cualquiera, es un modelo exponencial de la forma:

$$I = a T_0^b \dots\dots\dots(1.5)$$

Dónde:

- I : Velocidad de infiltración (I.t) expresada en mm/h, cm/h mm/min.
- To: Tiempo de oportunidad (tiempo de contacto del agua con el suelo).
- a : Coeficiente que representa la velocidad de infiltración para To=1.0 min.
- b : Exponente que varía entre 0 y -1.

B.7.3. Velocidad de infiltración básica (Ib)

La infiltración básica, es el valor instantáneo cuando la velocidad de infiltración es menor o igual al 10 % de su valor.

$$I_b = a (-100 b)^b \dots\dots\dots(1.6)$$

Para T^b en horas.

1.1.2. Factores del sistema de riego

Ferrero (1993) indica que los sistemas de riego más tradicionales corresponden a los denominados: riego a manta, en tablas o melgas y riego en surcos, aplicado generalmente a los parrales y espalderas, y estos a las plantaciones en líneas con formas libres o apoyados en espalderas o similares, también entre los sistemas modernos están riego por aspersión y goteo.

A. Influencia del sistema de riego sobre el movimiento el agua en el suelo

Avidan (1994) el movimiento del agua en el suelo consiste de un número de procesos: la infiltración, el almacenamiento temporal en la zona radicular, el drenaje, la evaporación por la planta. El movimiento de agua en el suelo se ve afectado por el sistema de riego.

- Riego por anegación (inundación).
- Riego por surcos.
- Riego por aspersión.
- Riego por micro aspersión.
- Riego por goteo.
- Riego por exudación.

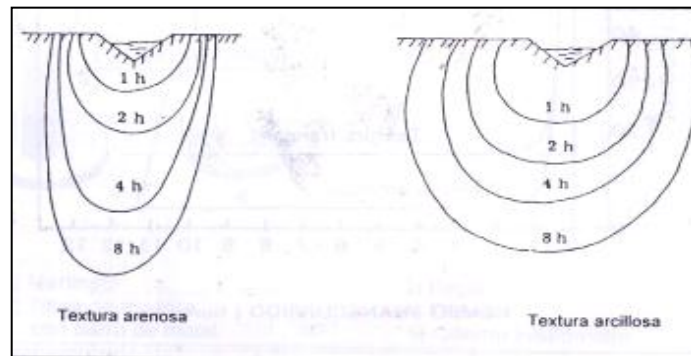


Figura 1.3. Sección transversal en el riego por surcos en función del tiempo, en tipos de suelo

B. Porcentaje de área bajo riego

Adivan (1994) menciona que el porcentaje del área bajo riego, Par (%), depende del sistema de riego, del emplazamiento del emisor, de la presión a la cual opera y de su descarga horaria, los cuales determinan el diámetro de cobertura efectivo d (m).

C. Porcentaje del área bajo riego para los diversos sistemas de riego

Adivan (1994) menciona que para el diseño de sistemas de riego se recomienda tomar como punto de referencia los datos presentados en la tabla 1.3.

Tabla 1.3. Porcentaje del área bajo riego recomendada para los diferentes sistemas de riego

Sistema de riego	Porcentaje del área bajo
Aspersión	100
Goteo	30 – 70
Microaspersión	50 – 75

Fuente: determinación del régimen de riego de los cultivos – Avidan

D. Eficiencia del riego

Adivan (1994) define qué es la relación entre la lámina de agua neta calculada para un riego y la lámina de agua bruta por aplicar, en consideración a las condiciones del sistema de riego. Para la planificación de los diferentes sistemas de riego se consideran los valores de eficiencia presentados en la tabla 1.4.

Tabla 1.4. Eficiencia en los sistemas de riego a presión

Sistema de riego	Eficiencia (%)
Aspersión	75 - 80
Miniaspersión	80 - 85
Microaspersión	90
goteo	85 - 90

Fuente: Determinación del régimen de riego de los cultivos- Avidan

1.1.3. Factores del cultivo

A. Profundidad radicular efectiva

Adivan (1994) menciona que la absorción de agua por la planta no es uniforme en todo el volumen ocupado por las raíces del cultivo, si no que se efectúa principalmente en las capas próximas a la superficie, ahí y donde se concentra la mayor parte del sistema radicular.

Por lo tanto, la lámina de riego se determina tomando en consideración a la profundidad efectiva del sistema radicular que corresponde al perfil del cual un cultivo en pleno desarrollo extrae 80 - 85 % del agua entre riegos sucesivos.

B. Lámina de agua aprovechable a la profundidad radicular efectiva (LA_{zr})

Adivan (1994) menciona que para obtener rendimientos óptimos hemos de evitar que el cultivo agote el agua disponible en el suelo y llegue al punto de marchites permanente. Por este motivo se determina el máximo porcentaje del agua disponible que el cultivo puede aprovechar sin que disminuya su rendimiento.

C. Punto óptimo del riego

Vásquez (1992) menciona que el punto óptimo de riego representa el máximo porcentaje del volumen de agua disponible en la profundidad radicular efectiva que el cultivo puede aprovechar sin reducir su rendimiento. Este porcentaje del agua

disponible aprovechado por las plantas depende del tipo de cultivo, del sistema de riego, del tipo de suelo, de su pendiente y de la salinidad del suelo.

1.1.4. Factores del clima

Avidan (1994) menciona que los factores del clima, principalmente la temperatura, la humedad relativa, la radiación solar y el viento tienen un impacto muy grande sobre el consumo de agua por los cultivos. Por este motivo, las variaciones de dichos factores climáticos afectan también al régimen de riego de los cultivos. Por este motivo, las variaciones de dichos factores climáticos afectan también al régimen de riego de los cultivos.

1.2. RIEGO LOCALIZADO

Adivan (1994) menciona que con este sistema de riego sólo se humedece una parte del suelo, de donde la planta podrá obtener el agua y los nutrientes que necesita e implica una alta frecuencia de aplicación. Al igual que en el riego por aspersión, el agua circula a presión por un sistema de tuberías (principales, secundarias, terciarias y ramales) desplegado sobre la superficie del suelo o enterrado en este, saliendo finalmente por los emisores de riego localizado con poca o nula presión a través de unos orificios, generalmente de muy pequeño tamaño.

Ventajas

Entre las ventajas de tipo agronómico cabe destacar las siguientes

- Ahorro de agua, debido a la reducción de la evapotranspiración y de las pérdidas de agua en las conducciones y durante la aplicación, a la alta uniformidad de riego.
- Mantiene el nivel de humedad en el suelo más o menos constante y elevado, sin que lleguen a producirse encharcamientos que provoquen la asfixia radicular.
- Hace posible la fertirrigación, lo que conlleva un ahorro e eficiencia de fertilizantes y de mano de obra.
- Facilita el control de malezas, ya que éstas se localizan tan solo en el área húmeda.
- Permite realizar, simultáneamente al riego, otras labores culturales.
- No altera la estructura del terreno.
- Aumento de producción, adelantamiento de cosechas y mejor calidad de los frutos.

En cuanto a las ventajas de tipo económico y de manejo, las principales son las siguientes:

- El gasto energético es menor, debido a la reducción de los consumos de agua y a las menores necesidades de presión.
- Se reduce la mano de obra necesaria para el manejo del riego.
- Se presta una fácil automatización.

Desventajas

- Aumento del costo de las instalaciones respecto a otros sistemas de riego.
- Necesidad de presión para su funcionamiento, rango de presiones.
- Creación de zonas de acumulación salina, debido al lavado localizado de sales, de acuerdo al tipo de suelos.
- En zonas frías y con cultivos sensibles a las heladas, el riego por goteo no protege contra las mismas, por lo que su uso debe descartarse.
- Obstrucción de los goteros por las partículas que arrastra el agua, y que, en ocasiones, puede acarrear daños en la instalación y al cultivo.

1.2.1. Riego por goteo

Adivan (1994) menciona que mediante este sistema el agua circula a presión por la instalación hasta llegar a los emisores o goteros, en los que pierde presión y velocidad, saliendo gota a gota.

En el riego por goteo se forma un bulbo húmedo. El bulbo húmedo es la parte de suelo humedecida por un emisor de riego localizado, a medida que avanza el riego, el bulbo húmedo se hace cada vez más grande, pero a su vez el suelo se humedece más, la velocidad de infiltración del agua disminuye y con ello el bulbo húmedo aumenta su tamaño lentamente. La forma del bulbo húmedo está condicionada en gran parte por el tipo de suelo.

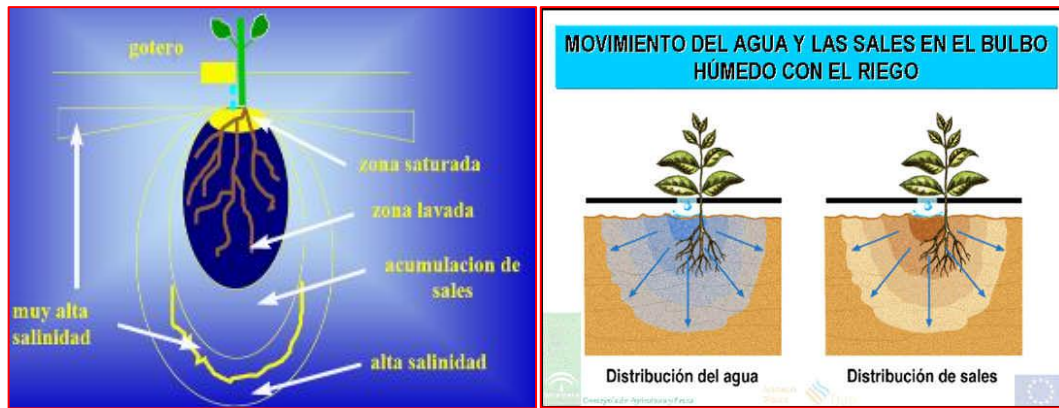


Figura 1.4. El bulbo húmedo en riego localizado

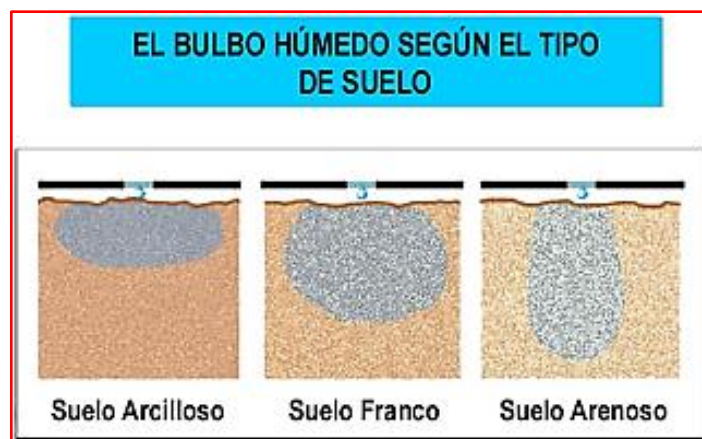


Figura 1.5. Formación del bulbo húmedo para diferentes tipos de suelo

A. Componentes del sistema de riego por goteo

A.1. Cabezal de riego

Adivan (1994) menciona que está constituido por los sistemas de impulsión, fertirrigación y filtrado secundario.

A.2. Sistema de impulsión

Adivan (1994) Sólo es necesaria su instalación en el caso en que el agua no llegue a la finca con suficiente presión. Para ello se emplean las bombas de riego, que suelen ser centrífugas, normalmente accionadas por motores eléctricos, o motores de combustión (gasolina o diésel) cuando no se dispone de electricidad.

A.3. Sistema de fertirrigación

Adivan (1994) menciona que este sistema se incorpora y distribuyen a través del agua de riego los abonos, productos fitosanitarios y otros tipos de productos a aportar al

cultivo. Aún es común el uso de “abonadoras” o tanques de fertilización, aunque cada vez son más empleados los sistemas que introducen los fertilizantes mediante inyectores como Venturi o por bombas de inyección.

A.4. Sistema de filtrado

Adivan (1994) cita que el equipo de filtrado es fundamental para evitar posibles obturaciones en el pequeño diámetro del conducto del emisor. Suelen utilizarse filtros de arena, filtros de malla o filtros de anillas y es común que aparezcan a la vez filtros de malla y de anillas en el cabezal de riego.

A.5. Red de distribución

Adivan (1994) cita que está constituida por una red de tuberías que distribuyen el agua de riego desde la entrada en el cabezal, donde se colocara una llave de paso y un manómetro para regular la presión, generalmente son tuberías de polietileno, o de PVC (policloruro de vinilo). Las cintas de goteo están fabricados a base de polietileno y suelen presentar diámetros de 12 ó 16 mm y una separación entre goteros que van desde 20 a 40 cm.

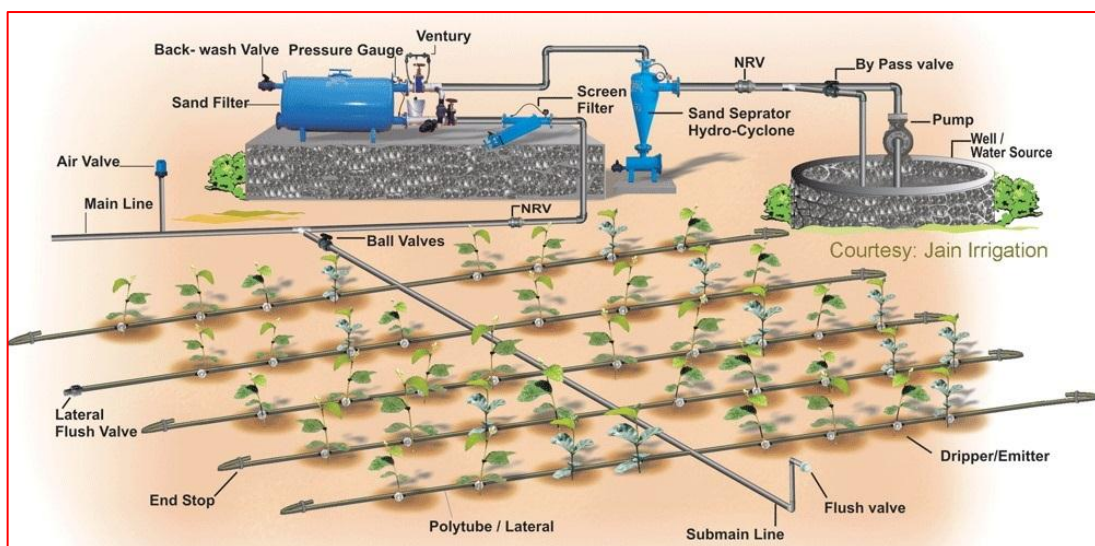


Figura 1.6. Esquema típico de un sistema de riego por goteo

Fuente: (Flowers, 2010)

A.6. Emisores

Adivan (1994) menciona que los emisores o goteros deben dar un caudal bajo, por lo que conviene que los diámetros sean pequeños, pero esto puede provocar que se

produzcan obturaciones, de forma que existen diversos diseños de goteros en el mercado que intentan resolver este problema.

A.7. Purgadores

Vásquez (1992) menciona que son componentes muy importantes del sistema sirven para realizar el lavado de las tuberías tanto matriz como secundarios.

Para efectuar la limpieza del sistema se mantienen cerradas las válvulas de las unidades de riego, para hacer esta operación conviene instalar válvulas o tapones roscados en los extremos.

1.2.2. Diseño agronómico del sistema de riego

Pizarro (1990) indica que el diseño Agronómico es el componente fundamental en todo proyecto de riego, y los RLAF no son una excepción. El diseño Agronómico es parte del proyecto en cuanto decide una serie de elementos de la instalación tales como número de emisores, disposición de los mismos, etc. Además, proporciona unos datos básicos para el posterior diseño hidráulico, como caudal por emisor y planta, duración del riego, etc. El diseño Agronómico se desarrolla en dos fases:

- Cálculo de las necesidades de agua.
- Determinación de la dosis, frecuencia y tiempo de riego. Número de emisores por planta y caudal del emisor.

1.2.3. Cálculo de las necesidades de agua

Avidan (1994) menciona que la evapotranspiración o uso consuntivo, representa la suma de la transpiración y de la evaporación. Por el proceso de la transpiración, el agua absorbida por las raíces de las plantas es emitida por las hojas en forma de vapor de agua y reintegrada a la atmósfera. La evapotranspiración es un proceso que resulta del efecto combinado de la evaporación del suelo húmedo y la transpiración del correspondiente cultivo en activo estado de crecimiento.

1.2.4. La evapotranspiración del cultivo de referencia (ET_o)

Doorenbos & Pruitt (1975) define que la evapotranspiración potencial. ET_o (mm/día), de un cultivo estándar o de referencia como: "La tasa de evaporación (mm/día) de una extensa superficie de pasto (grama) verde de 8 a 15 cm de altura, en

crecimiento activo, que sombrea completamente la superficie del suelo y que no sufre de escasez de agua.

1.2.5. La evapotranspiración real (ETr)

Doorenbos & Pruitt (1975) En la práctica, los cultivos se desarrollan en condiciones de humedad muy lejanas de las óptimas. Por este motivo el manejo, del riego se basa en la Evapotranspiración real (ETr), la cual toma en consideración al agua disponible en el suelo y las condiciones ambientales en las cuales se desarrolla un cultivo determinado.

1.2.6. El coeficiente del cultivo (Kc)

Avidan (1994) menciona que el coeficiente del cultivo, Kc, expresa la relación entre el uso consuntivo del cultivo en consideración, ETc y la Evapotranspiración del cultivo de referencia, ETo.

$$Kc = \frac{ETc \text{ (mm/día)}}{ETo \text{ (mm/día)}} \dots\dots\dots(1.7)$$

Por lo tanto:

$$ETc \text{ (mm/día)} = ETo \text{ (mm/día)} \times Kc \dots\dots\dots(1.8)$$

Dichos coeficientes se determinan empíricamente comparando el uso consuntivo del cultivo ETc, con el cultivo de referencia, ETo, bajo idénticas condiciones, de acuerdo a las características del cultivo y de las fases de su desarrollo: Inicialmente Kc es bajo, con el desarrollo vegetativo de las plantas el Kc aumenta hasta alcanzar un máximo; posteriormente y con la senectud del cultivo, su valor disminuye.

1.2.7. Métodos para estimar la ETo

Los más comunes son:

- Por muestreo de humedad del suelo.
- Lisímetro.
- Tanque de evaporación.
- Balance de agua.
- Balance de energía.
- Método de fórmulas empíricas.

A. Método de las fórmulas empíricas

Avidan (1994) menciona que los métodos empíricos consisten en fórmulas o ecuaciones deducidas por diversos investigadores y están basados en la aplicación de variables meteorológicas como factores que afectan la tasa de la Evapotranspiración potencial y que han sido desarrolladas para zonas con características propias.

Las fórmulas más conocidas y aplicadas son:

1. Método del Tanque Evaporímetro Clase "A".
2. Método de Blaney – Criddle.
3. Método de Penman (Método más completo).
4. Método de Hargreaves.

B. Método de Penman (método más completo)

Aivan (1994) Estima el uso consuntivo del cultivo de referencia (pasto o grama), y predice la ETo, no solamente en las regiones frías y húmedas, sino también, en las zonas calientes y áridas.

Este método distingue entre la influencia del viento durante las horas del día, $U_{\text{día}}$ y la del viento durante la noche, U_{noche} ; toma en consideración a la humedad relativa y a la radiación solar. Por lo tanto, el método Penman distingue entre la incluye un factor de ajuste, (c) basado en la humedad relativa Maxima, la radiación solar, y la relación entre la velocidad del viento durante las horas del día y de la noche.

$$E_{To}(\text{mm/día}) = (c) * [W * (Rn) + (1 - W) * [f(u) * (ea - ed)]] \quad ..(1.9)$$

Dónde:

- ETo : Evapotranspiración (mm/día), del cultivo de referencia.
- (c) : Factor de ajuste para Penman.
- W : Factor de ponderación para Penman.
- Rn : Radiación neta total (mm/día), por medición directa.
- f (u) : Función del viento.
- ea : Presión de vapor de agua (mbar), a saturación (mbar).
- Ed : Presión de vapor de agua ambiente (mbar).

1.2.8. Eficiencia de riego

Pizarro (1990) menciona que es la relación entre la lámina de agua neta calculada para un riego y la lámina de agua bruta por aplicar, en consideración a las condiciones del sistema de riego.

1.2.9. Programación de riego

Pizarro (1990) refiere que el riego es una de las operaciones de campo que también debe ser programado dentro del proceso productivo. Las estaciones de cuando regar normalmente están dentro del rango de variación de 2 a 3 días, para un intervalo de 20 a 30 días, las mismas que son consideradas como aceptables y su cálculo se basa en un balance de agua en el perfil enraizado del suelo.

1.2.10. Determinación de la dosis, frecuencia y tiempo de riego, número de emisores por planta y caudal del emisor

Pizarro (1990) indica que en esta fase del Diseño Agronómico todas estas magnitudes están relacionadas entre sí, de forma que una variación en alguna de ellas modifica a los demás, por tal razón hay que estudiarlos conjuntamente, aunque en principio parezca lo contrario, conviene empezar por el número de emisores por planta, tal como se menciona:

A. Número de emisores por planta

El número de emisores por planta determina una característica agronómica muy importante de los riegos localizados, el porcentaje de superficie mojado.

B. Porcentaje de superficie mojado

En la práctica en el diseño, el concepto de porcentaje del suelo mojado se sustituye por el de "Porcentaje de Superficie Mojado".

C. Área mojada por el emisor

En términos cuantitativos, el cálculo del área mojada por un emisor se puede hacer por tres procedimientos: Empleo de fórmulas, utilización de tablas, prueba de campo.

D. Disposición de emisores

Parte importante del Diseño Agronómico es la distribución de las tuberías de último orden y la disposición de emisores, como determinar el número de emisores por

planta, la toma de distribución de los materiales que permitan la ejecución de las labores, paso de maquinaria.

E. Determinación del régimen de riego

El diseño de los sistemas de riego se basa en las exigencias del régimen de riego. El sistema de riego ha de ser capaz de abastecer el volumen de agua requerida durante la etapa de máximo consumo de agua por el cultivo. Por lo tanto, el primer paso por dar, es identificar dicha etapa y obtener los datos pertinentes. A base de estos datos se determina el régimen de riego y se procede al diseño del sistema de riego.

1.2.11. Datos requeridos para la determinación del régimen de riego

Pizarro (1990) menciona que para la determinación del régimen de riego se tomarán los valores de la capacidad de campo, del punto de marchites y del peso específico aparente de los diferentes cultivos y se harán los cálculos del volumen de agua disponible por capa. Asimismo, el régimen de riego se basará en el valor de la infiltración básica.

1. Lámina de agua disponible a la profundidad radicular efectiva del cultivo (LDzr)

Aivan (1994) menciona que la profundidad radicular efectiva, z_r, empleada en la siguiente fórmula corresponde al período de máximo consumo de agua por el cultivo.

$$LDzr = (HCc - HPm) \times \left(\frac{Pea}{Pew} \right) \times zr \times 10 \dots\dots\dots(1.10)$$

Dónde:

- LDzr : Lámina de agua disponible, en mm. De agua, a la profundidad radicular efectiva, (mm/zr).
 - HCc : Contenido de humedad a capacidad de campo a base del peso seco del suelo, (% ws).
 - HPm : Contenido de humedad, en el punto de marchites permanente, a base del seco del suelo (%ws).
 - Pea : Peso específico aparente del suelo (g/cm³).
 - Pew : Peso específico del agua (g/cm³).
 - Zr : Profundidad radicular efectiva del cultivo (m).
- El factor 10 convierte los datos a (mm/zr) (a la profundidad radicular efectiva)

2. Volumen de agua disponible a la profundidad radicular efectiva (VDzr)

$$VDzr (m^3 / (ha/zr)) = LDzr (mm/zr) \times 10 \dots\dots\dots(1.11)$$

Dónde:

VDzr : Volumen de agua disponible, en m³ de agua, a profundidad radicular efectiva (mm/zr).

LDzr : Lámina de agua disponible, en mm. De agua, a la profundidad radicular efectiva (mm/zr).

El factor 10 convierte mm/zr a m³/ha/zr.

3. Lámina de agua aprovechable a la profundidad radicular efectiva (LAzr)

Adivan (1994) menciona que el máximo porcentaje del agua disponible que el cultivo puede aprovechar sin que disminuya su rendimiento, ha sido presentado en la siguiente tabla. A base del porcentaje de agua aprovechable, Par (%), se calcula la lámina de agua aprovechable con la fórmula.

$$LAzr (mm/zr) = \frac{LDzr (mm/zr) \times Pa (\%)}{100} \dots\dots\dots(1.12)$$

Dónde:

LAzr : Lámina de agua aprovechable en la zona radicular efectiva, (mm/zr).

LDzr : Lámina de agua disponible en la zona radicular Efectiva, (mm/zr).

Pa : Máximo porcentaje de agua aprovechable por el cultivo, (%).

El factor 10 convierte los datos a (mm/zr).

4. Porcentaje de área bajo riego (Par)

Aivan (1994) refiere que el porcentaje del área bajo riego, **Par** (%), depende del emplazamiento del emisor y del diámetro de cobertura efectivo, d (m) de este.

Para el riego por goteo

Aivan (1994) refiere que el espaciamiento entre los goteros se calcula por uno de los métodos:(a) por ensayo;(b) por cálculo; (c) con la tabla de Karmeli y Keller, siempre tomando en cuenta el espaciamiento óptimo entre goteros y laterales de goteo, y que ha de ser de un 80% del diámetro humedecido para crear franjas uniformes.

$$\boxed{db(m) = \left(\frac{qe(l/h)}{0.758 \times I(mm/h)} \right)} \dots\dots\dots(1.13)$$

Dónde:

- db : Diámetro de bulbo humedecido (m²).
- qe : Caudal del emisor (l/h).
- I : Velocidad de infiltración (mm/h), (m/h).

5. Precipitación horaria del sistema de riego (Phr)

Aivan (1994) refiere que el (Phr) se calcula a base del caudal del emisor, **qe** (l/h) y del área efectiva bajo riego con la siguiente fórmula:

$$\boxed{Phr(mm/h) = \frac{qe(l/h) \times 100}{de(m) \times dl(m) \times par(\%)}} \dots\dots\dots(1.14)$$

Dónde:

- Phr : Precipitación horaria (mm/h) del sistema de riego.
- qe : Caudal del emisor (l/h).
- de : Distancia entre emisores contiguos sobre el lateral.
- dl : Distancia entre laterales contiguos (m).
- Par : Porcentaje del área bajo riego (%).

El factor 100 convierte el porcentaje a fracción decimal.

A continuación, es necesario comparar la precipitación horaria, Phr, con la velocidad de la infiltración del suelo. Esta comparación se hace de acuerdo a lo siguiente:

$$\boxed{Phr(mm/h) \leq I(mm/h)} \dots\dots\dots(1.15)$$

Dónde:

- Phr : Precipitación horaria efectiva (mm/h).
- I : Velocidad de infiltración básica.

6. Intervalo de riego (Ir)

Aivan (1994) refiere que el intervalo de riego, Ir (Días), cuenta los días entre dos riegos sucesivos e la misma posición. El intervalo de riego depende de la lámina de

agua aprovechable LAzr (mm), del porcentaje del área bajo riego, **Par** y del consumo diario del cultivo ETc (mm/día).

$$\boxed{Ir(\text{días}) = \frac{LAzr(\text{mm}) \times Par(\%)}{ETc(\text{mm/día}) \times 100}} \dots\dots\dots(1.16)$$

Dónde:

- Ir : Intervalo de riego por días.
- LAzr : Lámina de agua aprovechable en la zona radicular efectiva, (mm/zr).
- Par : Porcentaje del área bajo riego.
- El factor 100 convierte el porcentaje a fracción decimal.

7. Intervalo de riego ajustado Ir (aj)

Aivan (1994) menciona que el en caso de que el cálculo del intervalo de riego Ir (días) resulte en una fracción decimal, será necesario "Ajustarlo para abajo", a fin de obtener un número íntegro de días: El intervalo de riego ajustado, Ir (aj) (días).

$$\boxed{Ir(\text{aj})(\text{días}) = \text{INTEGRO} [Ir(\text{días})]} \dots\dots\dots(1.17)$$

Dónde:

- Ir (aj) : Intervalo de riego ajustado (días).
- Ir : Intervalo de riego.

8. Ciclo de riego (CR)

Aivan (1994) menciona que el ciclo de riego, CR (días), es el número íntegro de días durante el cual se riega una parcela determinada. Al determinar el ciclo de riego se ha de incluir un factor de seguridad, ya que alguna falla imprevista en el sistema de bombeo o del sistema de riego; la necesidad de realizar determinadas labores agrícolas o aún, días feriados, pueden posponer el riego.

$$\boxed{CR(\text{días}) = Ir(\text{aj}) - dp(\text{días})} \dots\dots\dots(1.18)$$

Dónde:

- CR : Ciclo de riego (días/ciclo).
- Ir (aj) : Intervalo de riego ajustado (días).
- Dp : Días de paro (días).

9. Lámina de riego ajustado - LR (aj)

A base del intervalo de riego ajustado, **Ir (aj)** (días) de ETc (mm/días), y del porcentaje del área bajo riego; **Par**, se determina la lámina de riego ajustada, LR (aj).

$$\boxed{LR(aj)(mm) = \frac{Ir(aj)(días) \times ETc (mm/día) \times 100}{Par (\%)}} \dots\dots\dots(1.19)$$

Dónde:

- LR (aj): Lámina de riego ajustada (mm).
 - Ir (aj) : Intervalo de riego ajustado (días).
 - ETc : Evapotranspiración del cultivo (mm/días).
 - Par : Porcentaje del área bajo riego (%).
- El factor 100 convierte el porcentaje a fracción decimal.

$$\boxed{LR(aj)(mm) \leq LAzr (mm)} \dots\dots\dots(1.20)$$

Dónde:

- LR (aj): Lámina de riego ajustada (mm).
- LAzr : Lámina de agua disponible en la zona radicular efectiva (mm/zr).

10. Porcentaje de agua aprovechable, ajustado Pa (aj)

Aivan (1994) refiere que habiendo ajustado la lámina de riego, es conveniente calcular el porcentaje de agua aprovechada por el cultivo.

$$\boxed{Pa(aj)(\%) = \frac{Lr(aj) \times 100}{LDzr (mm/zr)}} \dots\dots\dots(1.21)$$

Dónde:

- Pa (aj) : Porcentaje de agua aprovechada, ajustado (%).
 - LR (aj): Lámina de riego ajustada (%).
 - LDzr : Lámina de agua disponible en la zona radicular efectiva (mm/zr).
- El factor 100 convierte el porcentaje a fracción decimal.

$$\boxed{Pa(aj)(\%) \leq Pa (\%)}} \dots\dots\dots(1.22)$$

Dónde:

Pa (aj) : Porcentaje de agua aprovechado, ajustado (%)

Pa : Máximo porcentaje de agua aprovechable por el cultivo (%).

11. Lámina bruta (LB)

Aivan (1994) refiere que cada método de riego tiene su eficiencia típica. De acuerdo a la lámina de riego ajustada LR (aj) (mm), y a la eficiencia del sistema de riego Ef (%), se determina la lámina de riego bruta, LB (mm).

$$\boxed{LB(mm) = \frac{LR(aj)(mm) \times 100}{Ef(\%)}} \dots\dots\dots(1.23)$$

Dónde:

LB : Lámina bruta (mm).

LR (aj): Lámina de riego ajustada (mm).

Ef : Eficiencia del sistema de riego (%).

El factor 100 convierte el porcentaje a fracción decimal.

12. Dosis de riego bruta (DB)

12.1. Dosis de riego bruta por área

Adivan (1994) refiere que el volumen de agua por aplicar por unidad de superficie bruta de la parcela (h).

La dosis bruta, **DB** (m³/ha), se calcula a base de la lámina bruta, **LB** (mm), y del porcentaje del área bajo riego, **par** (%) utilizando la fórmula.

$$\boxed{DB(m^3/ha) = \frac{LB(mm) \times Par(\%)}{10}} \dots\dots\dots(1.24)$$

Dónde:

DB : Dosis bruta (m³/ha).

LB : Lámina bruta (mm).

Par : Porcentaje del área bajo riego (%).

El factor 10 convierte la lámina a (m³/ha).

12.2. Dosis de riego bruta por planta (DBp)

Aivan (1994) refiere que el volumen de agua por aplicar a cada árbol, en una plantación de frutales regada por microaspersión o goteo. La dosis bruta por planta, **DBp** (l/planta) se calcula a base de la lámina bruta, **LB** (mm), y del área bajo riego, por planta.

$$\text{DBp(l/planta)} = \frac{\text{LB(mm)} \times \text{dp(m)} \times \text{dh(m)} \times \text{Par P(\%)}}{100} \dots\dots\dots(1.25)$$

Dónde:

- DBp : Dosis bruta por planta (l/planta).
 - LB : Lámina bruta (mm).
 - dp : Distancia entre plantas contiguas sobre la hilera (m).
 - dh : Distancia entre hileras contiguas (m).
 - ParP : Porcentaje del área bajo riego, por planta (%).
- El factor 100 convierte el porcentaje a fracción decimal.

13. Horas de riego por turno (Ht)

Aivan (1994) refiere que el tiempo requerido, en horas, para aplicar, por medio del emisor seleccionado, la lámina bruta LB (mm), y depende de la precipitación horaria, **Phr** (mm/h). Se calcula con la siguiente fórmula:

$$\text{Ht (h/turno)} = \frac{\text{LB (m/m)}}{\text{Phr (mm/h)}} \dots\dots\dots(1.26)$$

Dónde:

- Ht : Horas de riego por turno (h/turno).
- LB : Lámina bruta (mm).
- Phr : Precipitación horaria del sistema de riego (mm/h).

14. Máximo número de horas de riego diarias (Hm)

Aivan (1994) menciona que el máximo número de horas durante las cuales es posible operar el sistema de riego diariamente, y el cual depende de:

- Las horas de funcionamiento del equipo de bombeo.
- Las horas disponibles de la fuente de agua para el riego.

- Las condiciones de viento (que limita al riego por aspersión).
- La disponibilidad de mano de obra.

15. Máximo número de turnos de riego diarios (Td)

Aivan (1994) menciona que es el número íntegro de turnos de riego que es posible realizar durante un día. Se obtiene "redondeando para abajo" el cociente de las horas requeridas por un turno de riego, **Ht**, y el máximo número durante las cuales es posible operar el sistema de riego por día.

$$\boxed{Td \text{ (turnos/día)} = \text{INTEGRO} \left[\frac{Hm(h/día)}{Ht(h/turno)} \right]} \dots\dots\dots(1.27)$$

Dónde:

- Td : Turnos por día (turnos/día).
- Hm : Horas de riego, máximas diarias (h /día).
- Ht : Horas de riego por turno (h /turno).

16. Horas de riego por día (Hd)

El total de horas de riego por día, Hd, se calcula con la fórmula:

$$\boxed{Hd(h/día) = Td(\text{turnos/día}) \times Ht(h/turno)} \dots\dots\dots(1.28)$$

Dónde:

- Hd : Horas de riego diarias (h/día).
- Td : Turnos por día (turnos/día).
- Ht : Horas de riego por turno (h/turno).

17. Horas de riego por ciclo (Hc)

Aivan (1994) refiere que el número de horas de operación del sistema de riego durante el ciclo de riego.

$$\boxed{Hc \text{ (h/ciclo)} = CR(\text{días/ciclo}) \times Hd \text{ (h/d)}} \dots\dots\dots(1.29)$$

Dónde:

- Hc : Horas de riego por ciclo (h/ciclo).

- CR : Ciclo de riego (días/ciclo).
Hd : Horas de riego diarias (h/día).

18. Número de turnos por ciclo (Tc)

Aivan (1994) menciona que el número de veces que es necesario poner en operación al sistema de riego para cubrir el área de riego, y se calcula con la fórmula:

$$\boxed{Tc \text{ (turnos/ciclo)} = CR \text{ (días/ciclo)} \times Td \text{ (turnos/día)}} \dots\dots\dots(1.30)$$

Dónde:

- Tc : Turnos de riego por ciclo (turnos/ciclo).
CR : Ciclos de riego (días/ciclo).
Td : Turnos por día (turnos/día).

19. Superficie bajo riego por turno (St)

Aivan (1994) refiere que el (St) se obtiene dividiendo el área neta bajo riego en la parcela, Sr, entre el número de turnos Tc.

$$\boxed{St \text{ (ha/turno)} = \frac{Sr \text{ (ha/ciclo)}}{Tc \text{ (turnos/ciclo)}}} \dots\dots\dots(1.31)$$

Dónde:

- St : Superficie bajo riego por turno (ha/turno).
Sr : Superficie total de riego por ciclo (ha/ciclo).
Tc : Turnos de riego por ciclo (turnos /ciclo).

20. Dosis de riego bruta por turno (DBt)

Es el volumen de agua de riego por aplicar en un turno.

$$\boxed{DBt \text{ (m}^3\text{/turno)} = St \text{ (ha/turno)} \times DB \text{ (m}^3\text{/ha)}} \dots\dots\dots(1.32)$$

Dónde:

- DBt : Dosis bruta por turno (m³/turno).
St : Superficie por turno de riego (ha/turno).
DB : Dosis bruta (m³/ha).

21. Caudal requerido (Qr)

Aivan (1994) señala que el **Qr** (m³/h) es el caudal requerido para el riego de la parcela.

$$\boxed{Q_r(m^3) = \frac{DBt(m^3/\text{turno})}{Ht(h/\text{turno})}} \dots\dots\dots(1.33)$$

Dónde:

- Qr : Caudal requerido (m³/h).
- DBt : Dosis bruta por turno (m³/turno).
- Ht : Horas de riego por turno (h/turno).

22. Descarga disponible en el sistema de riego (Qs)

Aivan (1994) señala que dado el caso que se pretenda modificar un sistema de bombeo en pie, para adaptarlo al método de riego deseado, se hace necesario comparar Qs (m³/h), la descarga disponible en la bomba, con el caudal requerido para el riego de la parcela, Qr (m³/h), por el nuevo método de riego.

$$\boxed{Q_r(m^3/h) \leq Q_s(m^3/h)} \dots\dots\dots(1.34)$$

Dónde:

- Qr : Caudal requerido (m³/h).
- Qs : Descarga disponible en el sistema de riego (m³/h).

23. Número de emisores por turno (Emt)

Aivan (1994) refiere que el número de emisores por turno se calcula a base de la descarga del sistema de riego, **Qr** (m³/h) y de la descarga del emisor, **qe** (l/h), este es un dato que se utiliza para el diseño de los laterales de riego.

$$\boxed{E_{mt}(e/\text{turno}) = \frac{Q_r(m^3/h) \times 1000}{q_e(l/h)}} \dots\dots\dots(1.35)$$

Dónde:

- E_{mt} : Emisores por turno de riego (e/turno).
 - Qr : Caudal requerido (m³/h).
 - qe : Caudal del emisor (l/h).
- El factor 1000 corrige las unidades del volumen.

24. Volumen bruto por ciclo de riego (VBc)

Aivan (1994) refiere que el VBc es el volumen total de agua requerido para satisfacer las necesidades del cultivo durante la época de mayor demanda de agua por el cultivo, y durante un ciclo de riego.

$$\text{VBc(m}^3\text{/ciclo)} = \text{DBt(m}^3\text{/turno)} \times \text{Tc(turnos/ciclo)} \dots\dots\dots(1.36)$$

Dónde:

- VBc : Volumen bruto por ciclo (m³/ciclo).
- DBt : Dosis bruta por turno (m/turno).
- Tc : Turnos de riego por ciclo (turnos/ciclo).

24.1. Volumen bruto por ciclo de riego en plantaciones de árboles frutales (VBc)

Aivan (1994) señala que el VBc Se calcula en base de la dosis bruta por planta y del número de plantas en la superficie regada.

$$\text{VBc(m}^3\text{/ciclo)} = \frac{\text{DBp(l/planta)} \times \text{Np(planta/Sr)}}{1000} \dots\dots\dots(1.37)$$

Dónde:

- VBc : Volumen bruto por ciclo (m³/ciclo).
 - DBp : Dosis bruta por planta (l/planta).
 - Np : Número total de plantas en la superficie regada (planta/Sr).
 - Sr : Superficie bajo riego (ha).
- El factor 1000 convierte l a m³.

25. Caudal específico (Qe)

Aivan (1994) menciona que este dato siempre ha de ir acompañado por el dato referente al número de horas requerido para regar la parcela, ya que los sistemas de riego a presión utilizan caudales específicos reducidos, durante períodos relativamente prolongados.

$$\text{Qe(m}^3\text{/h)} = \frac{\text{Qr(m}^3\text{/h)}}{\text{A(ha)}} \dots\dots\dots(1.38)$$

Dónde:

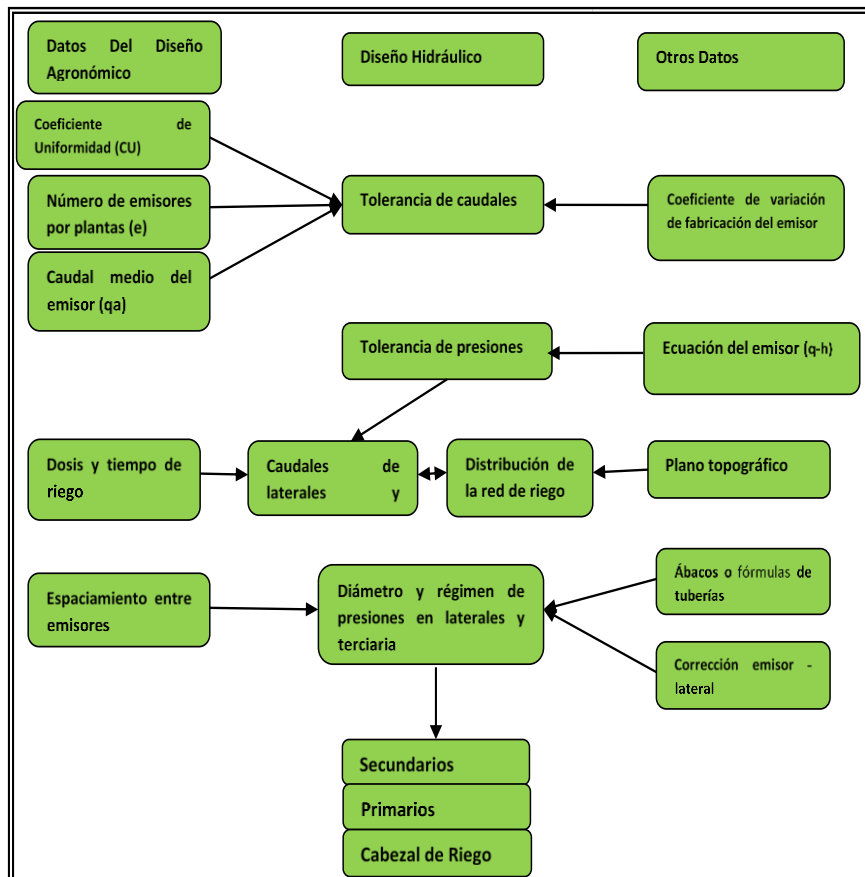
- Qe : Caudal específico (m³/h).
- Qr : Caudal requerido (m³/h).
- A : Área bruta total de la parcela (ha).

1.2.12. Diseño hidráulico del sistema de riego por goteo

A. Secuencia del diseño hidráulico y cálculo de la subunidad de riego

A.1. Secuencia del diseño hidráulico de un RLAF

Pizarro (1990) refiere que el diseño de un RLAF los cálculos hidráulicos se realizan después del diseño agronómico y basándose además en otros datos como características del emisor elegido, topografías de la finca, etc. En primer lugar (Figura N° 1.7) se calcula la tolerancia de caudales, para conseguir una uniformidad de riego ya definida en el diseño agronómico en términos de CU (coeficiente de uniformidad), la relación entre el caudal del emisor que de menos agua y el caudal medio de todos los emisores (qa).



1.7. Secuencia del diseño hidráulico de un RLAF

Fuente: Pizarro 1990

Para el diseño de una subunidad de riego hay que combinar lo que es puro cálculo hidráulico (determinación de caudales, los cálculos hidráulicos consisten en primer lugar en determinar los caudales en laterales y terciarias y a continuación, teniendo en cuenta la tolerancia de presiones, calcular para las mismas tuberías los diámetros y el régimen de presiones. Esta es la fase más complicada del cálculo hidráulico y con ella acaba el diseño de la subunidad.

La figura 1.8 muestra una subunidad, con las presiones (H) y caudales (q) de los distintos elementos que lo componen. Las mayúsculas se reservan para la terciaria y las minúsculas para los laterales. Los subíndices significan: m: valor inicial, a: valor medio, n: valor mínimo en la terciaria o en un lateral, ns: valor mínimo en toda la subunidad.

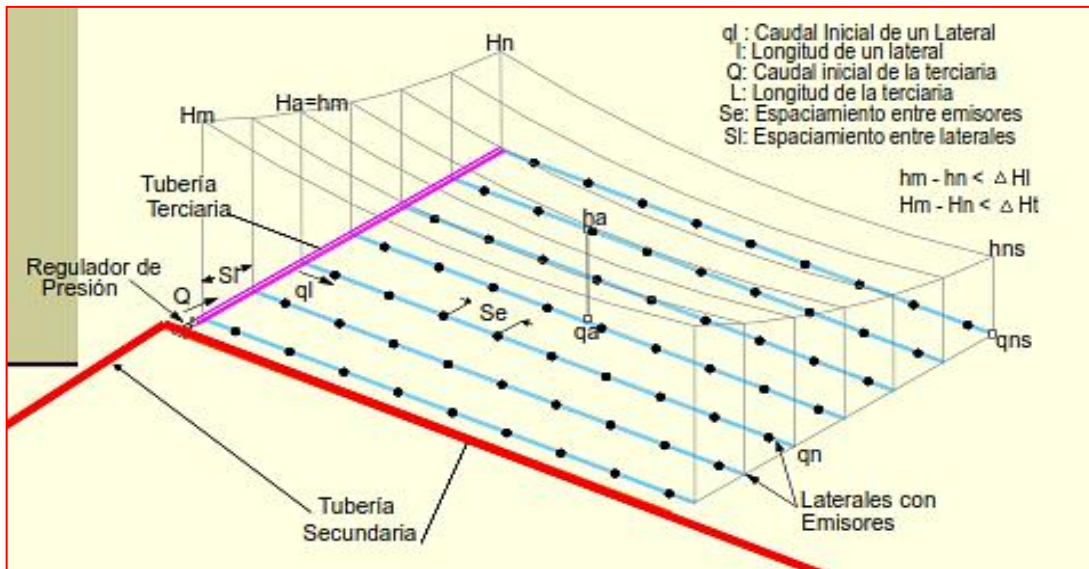


Figura 1.8. Variación de presiones y caudales en la subunidad

Fuente: Pizarro 1990

B. Tolerancia de caudales

Pizarro (1990) señala que la tolerancia de caudales relaciona el coeficiente de uniformidad de riego (CU) con las caudales medios (qa) y mínimo (qns) de la subunidad:

$$CU = \left(1 - \frac{1.27 CV}{\sqrt{e}}\right) \times \frac{qns}{qa} \dots\dots\dots(1.39)$$

Dónde:

CU : Coeficiente de uniformidad.

CV : Coeficiente de variación de fabricación del emisor.
 e : Número de emisores que suministran agua a una misma planta.
 qns : Caudal mínimo.
 qa : Caudal medio.
 En esta fase del diseño se conoce CU, que se eligió en el diseño agronómico.
 Conociendo CV, e y qa se calcula qns

C. Cálculo tolerancia de caudales y presiones

➤ Ecuación del gotero

$$q = KH^X \dots\dots\dots(1.40)$$

Siendo:

q : Caudal del emisor.
 K : Coeficiente de descarga característico del gotero (caudal bajo carga unitaria).
 H : Altura de presión a hidráulica la entrada del emisor (mca).
 X : Exponente de descarga el gotero;x=0 autocompensante.

➤ Tolerancia de presiones

Pizarro (1990) menciona que una vez conocidos qa y qns, así como la ecuación del emisor ($q = kh^x$) se calculan las presiones medias (ha) y mínima (hns).

$$h = \left(\frac{q}{k}\right)^{\frac{1}{x}} \dots\dots\dots(1.41)$$

La diferencia de presión en la subunidad ΔH , es proporcional a $(h_a - h_{ns})$

$$\Delta H = M (h_a - h_{ns}) \dots\dots\dots(1.42)$$

Tabla 1.5. Cuadro de Keller para valores de “M”.

Diámetro	M
Diámetro constante	4.3
2 diámetros	2.7
3 diámetros	2.0

Dónde: **M** es un factor que depende del número de diámetros que se vayan a emplear en una misma tubería, ya sea terciaria o lateral. Keller recomienda los siguientes valores de **M**:

No obstante, como en esta fase del cálculo es difícil saber el número de diámetros, se recomienda utilizar el valor $M = 2.5$.

D. Datos topográficos de las subunidades de riego

Pizarro (1990) señala que se deben tomar las medidas de las subunidades tanto como longitudes y elevaciones.

E. Cálculo de caudales y presiones en el lateral de riego

E.1. Pérdidas de carga en laterales con salidas múltiple

Pizarro (1990) señala que los laterales de riego se dan el efecto de disminución de pérdida de carga como consecuencia de la disminución progresiva de caudal por los hidrantes, y el efecto de incremento de la pérdida de carga por efecto de las conexiones de los emisores.

Por lo tanto, la pérdida final en el lateral se puede formular:

E.2. Cálculo del factor de reducción de Christiansen

$$F = \frac{1}{m + 1} + \frac{1}{2N} + \frac{(m - 1)^{\frac{1}{2}}}{6 N^2} \dots\dots\dots(1.43)$$

Dónde:

F : Factor de reducción de Christiansen.

N : Número de salidas.

B = m : Exponente de la Velocidad.

E.3. Cálculo de pérdida de carga unitaria (m/m)

1. Fórmula de Darcy – Weisbach

$$J = f \frac{L}{D} \times \frac{V^2}{2g} \dots\dots\dots(1.44)$$

Dónde:

- J : Pérdida de carga unitaria (m/m).
- f : Coeficiente de rozamiento, factor adimensional que es lo que realmente varía en función del régimen hidráulico.
- D : Diámetro de la conducción (m).
- V : Velocidad a la que circula el fluido (m/s).
- L : Es la longitud de la conducción (m).
- g : Aceleración de la gravedad (m/s²).

2. Fórmula de Hazen y Williams – régimen turbulento intermedio

Pizarro (1990) señala que esta fórmula suele aplicarse a tuberías de diferentes materiales y para diámetros menores a 3 pulg.

$$J = 1.21 \times 10^{12} \times \left(\frac{Q}{C}\right)^{1.85} \times D^{-4.87} \dots\dots\dots(1.45)$$

Donde:

- J : Pérdida de carga por fricción para tubería ciega (m/100).
- C : Coeficiente de flujo.
- D : Diámetro de tubería (mm).
- Q : Caudal (l/s).

E.4. Cálculo de pérdida de carga unitaria incluido el efecto de las conexiones de los emisores (m/m)

$$J' = J \left(\frac{S_e + f_e}{S_e} \right) \dots\dots\dots(1.46)$$

Dónde:

- J' : Pérdida de carga unitaria (m/m).
- J : Pérdida de carga por fricción para tubería ciega (m/100).
- S_e : Separación entre emisores (m).
- f_e : Longitud equivalente de la conexión de un emisor en (m).

E.5. Cálculo de pérdida de carga en lateral de riego

$$h_f = J' \times F \times L \dots\dots\dots(1.47)$$

Dónde:

- J' : Pérdida de carga unitaria (m/m).
- L: Longitud de la Tubería.
- F: Factor de reducción de Christiansen.

E.6. Presión a la entrada del lateral (h_m)

$$h_m = h_a + 0.733 h_f + \left(\frac{Z_2 - Z_1}{2} \right) \dots\dots\dots(1.48)$$

Dónde:

- h_a : Presión media del gotero (m).
- h_f : Pérdida de carga en el lateral (m).
- Z₂-Z₁ : Diferencia topográfica (m).

F. Diseño de la presión en la distribuidora

$$H_m = h_m + 0.75 H_f + \left(\frac{Z_2 - Z_1}{2} \right) \dots\dots\dots(1.49)$$

Dónde:

- h_m : Presión a la entrada del lateral.
- H_f : Pérdida de carga.
- Z₂-Z₁ : Diferencia topográfica (m).

F.1. Pérdidas de carga en porta laterales con salidas múltiples

Pizarro (1990) señala que en los laterales de riego se da el efecto de disminución de pérdida de carga como consecuencia de la disminución progresiva de caudal por los hidrantes, y el efecto de incremento de la pérdida de carga por efecto de las conexiones de los emisores.

Por lo tanto, la pérdida final en el lateral se puede formular:

$$\boxed{H_f = J \times F \times L} \dots\dots\dots(1.50)$$

Dónde:

- J: Gradiente de pérdidas de carga equivalente del lateral con emisores (m/100m).
- L: Longitud de la Tubería.
- F: Factor de reducción de Christiansen.

G. Cálculo de caudales y presiones en la tubería terciaria, secundaria y matriz

Para poder calcular las tuberías matriz, secundarias y terciaria, se usara una hoja de cálculo cuya estimación de la perdidas de carga se realizan con la fórmula de Darcy Weisbach, con el “f” de Swamme Jain, que nos permitirá seleccionar diámetros y presiones, además que nos permitirán realizar la simulación de momentos de riego y las presiones requeridas en los hidrantes que son las presiones requeridas en la entrada de los laterales y porta laterales.

H. Cálculo de pérdida de carga en el arco de riego

De acuerdo a los accesorios que componen el arco de riego se calcula la pérdida total, en el cual se sumara a la pérdida de carga en la tubería secundaria, para así tener la presión o la altura de agua requerida en el arco de riego.

H.1. Método de la velocidad permisible

Pizarro (1990) señala que consiste en considerar un valor límite para la velocidad del agua en las tuberías, este valor límite fluctúa entre 1.5 y 3 m/s, siendo el valor más usual el de 2.13 m/s. El diámetro se obtiene de la ecuación de gasto o caudal (Q) y área (A). La ecuación para calcular el diámetro es:

$$\boxed{d = \sqrt{\left(\frac{4 \times Q}{\pi \times V}\right)}} \dots\dots\dots(1.51)$$

Dónde:

- Q : es el caudal o gasto (m³/s).
- V : es la velocidad permisible (se considera 2.0 m/s).

I. Evaluación de eficiencia de riego y régimen, en riego por goteo

Castañón (2000) Menciona, el agua es aportada a los cultivos de diferente manera según el método empleado, produciéndose una pérdida durante todas las operaciones de riego. Por ello la cantidad de agua aplicada al terreno es mayor que la que puede utilizar las plantas existiendo un rendimiento o eficiencia de riego. El rendimiento representa el cociente entre el agua que es utilizada por las plantas para su transpiración y el total de agua aplicada en la parcela (dosis o lámina bruta).

$$\boxed{Ra = \frac{H_n}{H_b}} \dots\dots\dots(1.52)$$

La evaluación en este método, debido a sus aportes puntuales muy controlados y cultivos, en general más sensibles a la variación de la humedad de suelo, es recomendable un seguimiento más continuo del riego. Asimismo, parece efectuar como mínimo una evaluación al año, con el fin de evitar posible variación en las aportaciones que puedan causar importantes pérdidas en la producción.

Cuando se realiza evaluaciones periódicas se debe determinar, al menos los caudales reales de los goteos para conocer la uniformidad de distribución.

J. Sistema de fertirrigación

Pizarro (1990) Menciona que una de las consecuencias del enorme éxito el riego localizado de alta frecuencia ha sido la aparición del sistema de fertirrigación que consiste en la aplicación de los abonos solubles en el agua de riego.

K. Importancia de los ácidos húmicos (TERRAMAR)

Los ácidos Húmicos son derivados del mineral Leonardito, una forma oxidada de lignito, y son los constituyentes principales de materia orgánica vegetal en un estado avanzado de descomposición. La humificación es, por lo tanto, un proceso evolutivo por el cual la materia orgánica se va transformando, primero en Humus joven, para pasar a Humus estable hasta llegar a la definitiva mineralización formando el ácido húmico. Los ácidos húmicos tienen dos componentes principales: ácido húmico y ácido fúlvico, en diferentes proporciones según su origen y método de extracción. El producto

comercial TERRAMAR actúa promoviendo en las plantas tolerancia a condiciones de estrés vía solutos compatibles o activando enzimas que influyen en la viabilidad fisiológica y radicular.

TERRAMAR mejora las características físico-químicas del suelo (estructura, CIC), pues fija cationes ya sea que estos formen parte del suelo o sean suministrados, los cuales se mantendrán disponibles en el momento en el que la planta los necesite, además de favorecer la multiplicación de microorganismos benéficos en el suelo.

Tabla 1.6. Composición químico del ácido húmico (TERRAMAR)

Composición de TERRAMAR	Riqueza (%)
Ácido Alginico	5.00
Aminoácidos	5.00
Ácidos Húmicos	15.00
Micronutrientes Quelatados	5.00
Nitrógeno	2.40
Fosforo	2.40
potasio	2.40
Esencias Orgánicas	30.00

Fuente: Ficha técnica de TERRAMAR – FARMAGRO.

1.3. ROL DE LOS PRINCIPALES FERTILIZANTES

A pesar de que los nutrientes minerales solo representan menos del 10 % de la materia seca total de la planta (menos del 2% de la biomasa) todos y cada uno de ellos juega un rol esencial en el desarrollo y producción de los cultivos. El hecho de que el agricultor se preocupe mayormente por los macroelementos primarios (NPK) no significa que otros sean menos importantes.

A. Nitrógeno en la planta

Las plantas absorben en sus formas solubles: nitratos, amonios y otros compuestos nitrogenados solubles, siendo el anión nitrato (NO_3^-) el más utilizado por la planta (Inpofos, 1997).

El nitrógeno (NO_3^- y NH_4), ingresa en la formación de aminoácidos y proteínas vegetales y tiene la función estructural dentro de la planta (Simpson, 1991).

B. Fosforo en la planta

El P del suelo proviene mayormente de la meteorización de la apatita, un mineral que contiene P y calcio (Ca), así como fluor y cloro (Cl). A medida que la apatita se descompone, libera ortofosfato (H_2PO_4^- y HPO_4^{2-}) que son absorbidas por las plantas y están presentes en pequeñas cantidades en la solución del suelo (Inpofos, 1997).

La cantidad de los iones ortofosfato, dependen del pH en la solución del suelo. A pH menores que 7.2 la forma principal en la solución del suelo es H_2PO_4^- , mientras que a pH superiores predomina HPO_4^{2-} . La concentración de P necesaria en la solución del suelo para la mayoría de las plantas va de 0.03 mg.L^{-1} (Azabache, 2003).

El P es poco móvil, a comparación del N y hasta del K. muy poco P se pierde por lixiviación. La erosión y la remoción son las formas más significativas de pérdida de P. Casi todo el P se mueve en el por difusión un proceso lento que depende de la humedad del suelo y el 20 % por flujo de masas. (Inpofos, 1997).

C. Papel del potasio en la planta

Gros (1992) El potasio constituye la mayor parte de los la mayor parte de las materias minerales de la planta y aproximadamente el 3% de la materia seca de los vegetales.

- El potasio interviene en la fotosíntesis. Con su presencia favorece la síntesis en la hoja, de los glúcidos o hidratos de carbono, así como su movimiento de estas sustancias y su acumulación en ciertos órganos de reserva.
- El potasio disminuye la transpiración de la planta, con lo cual se obtiene una economía de agua en la planta, aprovechando al máximo el agua de riego.
- Al elevar el contenido de la savia en elementos minerales, aumenta también la resistencia de la planta a las heladas.

D. Azufre en la planta

Inpofos (1997) Sostiene que a diferencia de Ca y el Mg, que son absorbidos por las plantas como cationes. El azufre es absorbido principalmente como anión sulfato (SO_4^{2-}). También puede encontrar en la planta a través como dióxido de S (SO_2) presente en el aire.

El S es parte de cada célula viviente y forma parte de 2 de los 21 aminoácidos esenciales que forman las proteínas. El S en el interior de las células tiene características de poca movilidad, cumple algunas funciones importantes, además de constituir distintas sustancias vitales (Rodríguez, 1992), estas son:

- Forma parte contribuyente de las proteínas.
- Forma parte de las vitaminas.
- Es constituyente de las distintas enzimas, con el sulfidrilo como grupo activo.
- Interviene en los mecanismos de óxido – reducción de las células.
- Es constituyente en la producción de clorofila a pesar de no ser constituyente de este compuesto.

E. Calcio en la planta

Inpofos (1997) Sostiene que el calcio es absorbido por la plantas en forma de catión Ca^{++} . Una vez dentro de la planta, el Ca funciona en varias formas, incluyendo las siguientes:

- Estimula el desarrollo de las raíces y de las hojas.
- Forma compuestos que son parte de las paredes celulares. Esto fortalece la estructura de la planta.
- Ayuda a reducir el nitrato en la planta.
- Ayuda a neutralizar los ácidos orgánicos en la planta.
- Incluye indirectamente en el rendimiento al reducir la acidez del suelo (carbonato de calcio). Esto reduce la solubilidad y toxicidad del manganeso (Mn), Cobre (Cu) y aluminio (Al).
- Incluye directamente en el rendimiento al mejorar las condiciones de crecimiento de las raíces y estimula la actividad microbiana, la disponibilidad de molibdeno (Mo) y la absorción de otros nutrientes.

F. Magnesio en la planta

Rodríguez (1992) Sostiene que el Magnesio es absorbido por las plantas en su forma catiónica Mg^{++} de la solución del suelo y a través de la difusión o flujo de masas por las raíces ingresa a célula participando en distintas funciones y constituciones moleculares:

- Forma parte de la molécula de clorofila.
- Forma parte constituyente de los pectatos de Ca y Mg en las semillas, tejidos meristemáticos y frutos.

- Entra en la constitución molecular de 15 enzimas del grupo de las sintetizadoras de polipéptidos, las transfosforilasas y descarboxilasas.
- Interviene en la síntesis de los aceites esenciales.

1.4. CARACTERÍSTICAS DEL CULTIVO

1.4.1. Origen y distribución

Hasta la fecha se considera que el principal centro de origen de la quinua es la región del altiplano alrededor del lago Titicaca de Perú y Bolivia, sobre los 3800 msnm. (Cardenas 1944; Gandarillas, 1968; Tapia, 1977; Valdivia et al. 1979; Álvarez, 1999). Sin embargo es necesario diferenciar el centro de origen botánico de una especie cultivada con el centro e domesticación y diversidad, que en este último caso puede abarcar una o más regiones.

Según Rojas (1998) la distribución geográfica de la quinua en la región se extiende desde los 5° Latitud Norte al sur de Colombia, hasta los 43° Latitud Sur en la Décima Región de Chile, y su distribución altitudinal varía desde el nivel del mar en Chile hasta los 4000 msnm en el altiplano que comparten Perú y Bolivia, existiendo así, quinuas de costa, valles, valles interandinos, puna y altiplano.

1.4.2. Valor nutritivo

Desde el punto de Vista nutricional y alimentario (cuadro 1.1) la quinua es la fuente natural de proteína vegetal económica y de alto valor nutritivo por la combinación de una mayor proporción de aminoácidos esenciales. El valor calórico es mayor que otras cereales, tanto en grano y en harina alcanza a 370 Kcal/100g, que lo caracteriza como un alimento apropiado para zonas y épocas frías. La composición de aminoácidos esenciales, le confiere un valor biológico comparable solo con la leche, huevo y la menestra, constituyéndose por lo tanto en uno de los principales alimentos de la región.

Tabla 1.7. Valor nutricional (Análisis físico/químico en 100g de muestra)

Determinaciones	Chullpi rojo	Chullpi blanco	INIA Salcedo	Chullpi amarillo	Negra Collana	Illpa INIA
Humedad %	9.30	9.28	8.66	7.99	9.88	8.42
Proteína (N x 6.25) %	17.22	17.17	16.23	17.30	17.62	16.14
Fibra %	2.00	2.09	1.84	2.00	2.10	1.66
Cenizas %	2.09	2.04	2.00	2.10	2.13	1.99
Grasa %	5.88	5.84	5.20	5.82	5.94	4.88
ELN %	63.51	63.58	66.07	64.79	62.33	66.91
Energía (K cal/100g)	371.34	371.10	372.19	376.31	368.61	372.56
Acidez %	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Impurezas macroscópicas%	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Fuente: zanabria 2013

1.4.3. Importancia y usos del cultivo de quinua

En los últimos quince años la quinua ha tomado una mayor importancia en la nutrición de la población, la quinua es importante en la seguridad y soberanía alimentaria, por sus valores nutricionales, por los hábitos de consumo de la población rural y el reciente hábito de consumo de la población urbana y porque la Política del Gobierno tiene como el compromiso de lograr la autosuficiencia alimentaria y, por lo tanto, estimular la producción nacional de alimentos entre los cuales se destaca la quinua como el grano de oro del Perú.

Mujica (1997) La quinua tiene múltiples usos y se puede emplear casi todas sus partes, para la alimentación humana, animal (forraje y concentrados), ornamental, Medicinal, control de plagas y parásitos que afectan a los animales domésticos, industrial, como combustible, como tutor en siembras asociadas (Pulgar Vidal, 1954); como hortaliza de hoja e inflorescencia y hasta en ritos ceremoniales y creencias populares, para aclimatar a la altura animales como vacunos que viven en otras latitudes más bajas; así como para evitar el mal de altura en pollos, crianza de pavos, canarios, palomas y como ingrediente de sebos tóxicos mezclados con raticidas para controlar ratones y ratas.

1.4.4. Taxonomía de la quinua

Pérez (2005) Indica que la quinua presenta la siguiente clasificación taxonómica:

Reino	: Vegetal
División	: Fanerógama
Clase	: Dicotiledónea
Subclase	: Angiospermas
Orden	: Centrospermales
Familia	: Chenopodiáceas
Género	: <i>Chenopodium</i>
Sección	: Chenopodia
Especie	: <i>Chenopodium quinoa</i> Willd

1.4.5. Morfología de la quinua

A. Planta

Mujica (1993) Menciona que la planta, es erguida, alcanza alturas variables desde 30 a 300 cm, dependiendo del tipo de quinua, de los genotipos, de las condiciones ambientales donde crece o de la fertilidad de los suelos.

B. Raíz

Tapia (2014) Indica que la raíz de la quinua es pivotante y vigorosa que puede llegar a más de 90 cm de profundidad. A partir de unos pocos centímetros del cuello empieza a ramificarse en raíces secundarias y terciarias de las cuales salen raicillas que también se ramifican en varias partes.

C. Tallo

León (2003) Indica que el tallo es de sección circular cerca de la raíz transformándose en angular a la altura donde nacen las ramas y hojas. La corteza del tallo esta endurecida, mientras la medula es suave cuando las plantas son tiernas, y seca con textura esponjosa cuando maduran.

Gandarillas (1974) Indica que en algunos ecotipos o razas las ramas son poco desarrolladas; es decir que en su mayoría son monopólicos alcanzando unos pocos centímetros de longitud y en otras son largas y llegan hasta la altura de la panoja principal, terminando en otras panojas.

D. Hojas

Apaza y Delgado (2005) Mencionan que las hojas son polimorfas, alternas, simples, de bordes dentados, aserradas, pronunciados o leves. Las hojas inferiores son de forma romboidal o triangular y las superiores lanceoladas.

E. Inflorescencia

Tapia (2000) Menciona que la inflorescencia glomerulada se considera la forma primitiva y conjuntamente con la amarantiforme pueden ser laxas o compactas; este carácter está muy relacionado al rendimiento del cultivo. Las inflorescencias densas y de mayor tamaño (70 cm) pueden llegar a un rendimiento de 220 g de granos por panoja.

F. Flores

Apaza y Delgado (2005) Señalan que son pequeñas, incompletas, sésiles y desprovistas de pétalos, constituida por una corola formada por cinco piezas florales tepaloides, sepaloides, pudiendo ser hermafroditas, pistiladas (femeninas) y androestériles, lo que indica que podría tener hábito autógamo como alógamo, faltando determinar con precisión el porcentaje de alogamia en algunos genotipos, en general se indica que tiene 10 % de polinización cruzada, sin embargo en algunas variedades alcanza hasta el 80 % (Kcancolla), y en otras el 17 %. (Piartal). Así mismo ha determinado que generalmente se produce la antesis de las flores en las primeras horas de la mañana y sucesivamente del ápice a la base de una rama florífera.

G. Fruto

Quisocala (2000) Indica que el fruto de la quinua es un aquenio cubierto por el perigonio que encierra una sola semilla que se desprende con facilidad al frotarlo cuando está seco. El color del fruto está dado por el perigonio y se asocia directamente a la planta, de donde resulta que puede ser verde, púrpura o rojo; el perigonio tiene la forma estrellada por la quilla que presenta los 5 sépalos. El pericarpio del fruto está pegado a la semilla presentan alvéolos los que se separan fácilmente. En ciertas variedades se encuentra, pegada al pericarpio, la saponina que origina el sabor amargo. Las semillas se hallan cubiertas por el episperma en forma de una membrana delgada.

H. Semilla

Apaza y Delgado (2005) Afirma que la semilla es el fruto maduro sin el perigonio, aproximadamente de 1.8 a 2 mm de diámetro. Es de forma lenticular, elipsoidal, cónica o esferoidal. Presenta cuatro partes bien definidas que son: pericarpio, episperma, embrión, perisperma. El que contiene la mayor cantidad de saponina es el pericarpio, el embrión se enrolla por la parte central de la semilla, es variable dependiendo de la variedad, incluso dentro de la misma panoja varia, siendo general encontrar el tamaño más grande en la parte central del glomérulo.

I. Biología floral

Gandarillas (1967) Encuentra que las flores de la quinua permanecen abiertas de 5 a 7 días, observando presencia de flores hermafroditas y pistiladas, cuyo porcentaje es variable, habiendo casos de presencia sólo de flores pistiladas; en una misma inflorescencia el tiempo que dura la floración es de 12 a 15 días, así mismo las flores hermafroditas y pistiladas en la misma panoja se abren al mismo tiempo (homogamia).

J. Genética y herencia

Instituto interamericano de ciencias agrícolas (IICA 1979) Menciona que Cárdenas y Hawkes (1948) en diez variedades de quinua del altiplano Boliviano, uno de Chile y otra silvestre también Boliviana, informan que el número somático para todo el material estudiado fue de $2n = 36$ cromosomas, está constituido por cuatro genomios, con un número básico de 9 cromosomas ($4n = 4 \times 9 = 36$). A su vez, en recuentos cromosómicos efectuados en material boliviano y peruano, Gandarillas Y Luizaga (1967) confirmaron las cifras informadas por Cárdenas y Hawkes, habiendo encontrado igualmente 36 cromosomas.

1.4.6. Clasificación agroecológica de la quinua

Gómez y Eguiluz (2011) Afirma que la quinua presenta una gran variabilidad y diversidad de formas de planta e inflorescencia y su clasificación se ha hecho en base a ecotipos:

A. Quinua de los valles

Gómez y Eguiluz (2011) Propia de los valles andinos. Se cultivan mayormente en la parte central y norte del Perú. Son plantas de 2 a 4 metros de altura, la mayoría

ramificadas y con ciclo vegetativo de 7 meses. Se encuentran fuentes de resistencia/tolerancia al mildiu (*Peronospora farinosa*).

B. Quinuas altiplánicas

Gómez y Eguiluz (2011) Del área circundante al Lago Titicaca. Se cultivan alrededor de los 4000 msnm Las plantas son de 1.8 m. de altura, no ramificadas mayormente y con ciclo vegetativo de 4 a 7 meses. Su tolerancia/resistencia al mildiu es variable. Generalmente son quinuas amargas o de contenido alto de saponina. Variedades: Chewecca, Kanccolla y Blanca de Juli.

C. Quinuas de los salares

Gómez y Eguiluz (2011) Proceden de la zona de los Salares Bolivianos, a una altitud de 4000 msnm. Las plantas crecen en un pH cercano a 8 y la mayoría tiene granos grandes con alto contenido de saponina y bordes filosos. En las otras características son semejantes a las quinuas del altiplano. Variedades: Real y un progenitor de Sajama.

D. Quinuas al nivel del mar

Gómez y Eguiluz (2011) Del sur de Chile. Crecen hasta 2 m. de altura, no ramificadas mayormente y florecen en días largas. Su semilla es pequeña, amarilla, transparente y con alto contenido de saponina. Variedades: Quechuco de Cautín y Picharán de Maule.

E. Quinuas sub-tropicales

Gómez y Eguiluz (2011) Existe un tipo subtropical en las Yungas, de color verde intenso que se torna naranja en la madurez y produce semillas muy pequeñas de color naranja.

1.4.7. Requerimientos edafoclimáticos del cultivo

León (2003) Señala que las condiciones climáticas y el suelo tienen influencias muy marcadas en la producción y productividad de la quinua. El clima está determinado por una serie de factores tales como altitud, precipitación, temperatura, latitud, vientos, iluminación. Dado a su cultivo en zonas marginales de los andes altos, la quinua se enfrenta con altos riesgos ambientales como heladas, sequías prolongadas, granizo, vientos fuertes, suelos pobres y ácidos.

A. Temperatura

Mujica (1997) La temperatura media adecuada para la quinua está alrededor de 15-20 °C, sin embargo, se ha observado que con temperaturas medias de 10°C se desarrolla perfectamente el cultivo, así mismo ocurre con temperaturas medias y altas de hasta 25°C sin embargo también toleran temperaturas extremas de -1 °C hasta 38 °C, pero produce aborto de flores y muerte de estigmas y estambres.

B. Sequias

Caqui (2015) Menciona que la quinua soporta épocas de sequía prolongada hasta 60 días, excepto en los estados fenológicos de:

- Germinación hasta 4 hojas verdaderas.
- Floración.

C. Humedad

Caqui (2015) Argumenta que el exceso de humedad es dañino en las épocas de:
Floración (polen se convierte inviable).

- Grano pastoso y madurez fisiológica (la quinua puede germinar en la panoja).
- Cosecha (altos costos de secado).

Durante todo el ciclo del cultivo un exceso de humedad, especialmente en combinación con temperaturas elevadas, favorece al ataque de hongos.

D. Radiación

Caqui (2015) Menciona que la quinua soporta radiaciones extremas de las zonas altas de los andes, sin embargo, estas altas radiaciones permiten compensar las horas calor necesarias para cumplir con su periodo vegetativo y productivo. Los sectores de más alta iluminación solar son los más favorables para el cultivo de la quinua, ya que ello contribuye a una mayor actividad fotosintética.

E. Fotoperiodo

Mujica (1993) Menciona que la quinua por su amplia variabilidad genética y gran plasticidad, presenta genotipos de días cortos, de días largos e incluso indiferentes al fotoperiodo, adaptándose fácilmente a estas condiciones de luminosidad, este cultivo prospera adecuadamente con tan solo 12 horas diarias en el hemisferio sur sobre todo en los Andes de Sud América, mientras que en el hemisferio norte y zonas australes con

días de hasta 14 horas de luz prospera en forma adecuada, como lo que ocurre en las áreas nórdicas de Europa. En la latitud sur a 15°, alrededor del cual se tiene las zonas de mayor producción de quinua, el promedio de horas de luz diaria es de 12.19, con un acumulado de 146.3 horas al año.

F. Agua

Mujica (1993) Menciona que, en cuanto al agua, la quinua es un organismo eficiente en el uso, a pesar de ser una planta C3, puesto que posee mecanismos morfológicos, anatómicos, fenológicos y bioquímicos que le permiten no solo escapar al déficit de humedad, sino tolerar y resistir la falta de humedad del suelo, a la quinua se le encuentra creciendo y dando producciones aceptables con precipitaciones mínimas de 200-250 mm anuales.

G. Altitud

Mujica (1993) Menciona que la quinua crece y se adapta desde el nivel del mar hasta cerca de los 4,000 metros sobre el nivel del mar. Quinuas sembradas al nivel del mar alargan su periodo vegetativo, debido a la alta humedad comparados a la zona andina, observándose que el mayor potencial productivo se obtiene al nivel del mar habiendo obtenido hasta 6,000 kg /ha, con riego y buena fertilización.

H. Suelo

Mujica (1993) Menciona que la planta requiere de suelos francos, franco-arenosos, franco-arcilloso, con pendientes moderadas, y deben tener contenidos altos de materia orgánica porque es exigente en nitrógeno y calcio, moderadamente en fósforo y poco de potasio. También puede adaptarse a suelos con diferentes características adversar, siempre que se le dote de nutrientes y no exista la posibilidad de encharcamiento del agua, puesto que es muy susceptible al exceso de humedad sobre todo en los primeros estados.

I. pH

León (2003) Menciona que el pH que requiere la planta es alrededor del neutro, sin embargo, puede prosperar muy bien en suelos alcalinos de hasta 9, y también en suelos ácidos de hasta 4.5, esto dependerá de la variedad de quinua; pero el pH óptimo varía de 6.5-8.0. Las últimas investigaciones han demostrado que la quinua puede germinar en

suelos de pH 4.5 a 9.0 y con 52 mmhos/cm, pero en estas condiciones extremas de concentración salina el periodo de germinación se puede retrasar hasta en 25 días (Jacobsen et al., 1998; Quispe & Jacobsen, 1999).

1.4.8. Fases fenológicas

A. Emergencia

Mujica (1997) Es cuando los cotiledones aún unidos, emergen del suelo a manera de una cabeza de fosforo y es distinguible solo cuando uno se pone al nivel del suelo, en esta etapa es muy susceptible de ser consumido por las aves por su succulencia y exposición de la semilla encima del talluelo ello ocurre de los 4-5 días después de la siembra, en condiciones adecuadas de humedad.

B. Hojas cotiledonales

Mujica (1997) Los cotiledones emergidos se separan y muestran dos hojas extendidas de forma lanceolada angosta, pudiendo observarse en el surco las plántulas en forma de hilera nítida., en muchos casos se puede distinguir la coloración que tendrá la futura planta sobre todo las pigmentadas de color rojo o púrpura, también en esta fase es susceptible al daño de aves, debido a la carnosidad de sus hojas, esto ocurre de los 7 a 10 días después de la siembra.

C. Dos hojas verdaderas

Mujica (1997) Es cuando, fuera de las dos hojas cotiledonales aparecen dos hojas verdaderas extendidas que ya tienen forma romboidal y con nervaduras claramente distinguibles y se encuentran en botón foliar el siguiente par de hojas, ocurre de los 15 a 20 días después de la siembra, mostrando un crecimiento rápido del sistema radicular, en esta fase puede ocurrir el ataque de gusanos cortadores de plantas tiernas como *Copitarsia turbata*.

D. Cuatro hojas verdaderas

Mujica (1997) Se observan dos pares de hojas verdaderas extendidas y aún están presentes las hojas cotiledonales de color verde, encontrándose en botón foliar las siguientes hojas del ápice en inicio de formación de botones en la axila del primer par de hojas; ocurre de los 25 a 30 días después de la siembra, en esta fase la plántula muestra buena resistencia al frío y sequía.

E. Seis hojas verdaderas

Mujica (1997) Se observa tres pares de hojas verdaderas extendidas, tornándose las hojas cotiledonales de color amarillento y algo flácido. Se notan ya las hojas axilares, desde el estado de formación de botones hasta el inicio de apertura de botones del ápice a la base de la plántula, esta fase ocurre de los 35 a 45 días después de la siembra, en la cual se nota con mayor claridad la protección del ápice vegetativo por las hojas más viejas especialmente cuando se presentan bajas temperaturas, sequía y sobre todo al anochecer.

F. Ramificación

Mujica (1997) Se nota 8 hojas verdaderas extendidas y extensión de las hojas axilares hasta la tercera fila de hojas en el tallo, las hojas cotiledonales se caen y dejan cicatrices claramente notorias en el tallo, también se observa la presencia de la inflorescencia protegida por las hojas sin dejar al descubierto la panoja, ocurre de los 45 a 50 días después de siembra.

G. Inicio de panojamiento

Mujica (1997) La inflorescencia se nota que va emergiendo del ápice de la planta, observando alrededor aglomeraciones de hojas pequeñas con bastantes cristales de oxalato de calcio, las cuales van cubriendo a la panoja en sus tres cuartas partes. Ello ocurre de los 55 a 60 días de la siembra, así mismo se puede ver amarillamiento del primer par de hojas verdadera y se produce una fuerte elongación del tallo, así como engrosamiento.

H. Panojamiento

Mujica (1997) La inflorescencia sobresale con mucha claridad por encima de las hojas superiores, notándose los glomérulos de la base de la panoja, los botones florales individualizados sobre todo los apicales que corresponderán a las flores pistiladas. Esta etapa ocurre de los 65 a 70 días de la siembra.

I. Inicio de floración

Mujica (1997) Es cuando las flores hermafroditas apicales de los glomérulos conformantes de la inflorescencia se encuentran abiertos, mostrando los estambres separados de color amarillento, ocurre de los 75 a 80 días de la siembra, en esta fase, la

planta es bastante sensible a la sequía y heladas, también ocurre amarillamiento y defoliación de las hojas inferiores sobre todo aquellas de menor eficiencia fotosintética.

J. Floración o antesis

Mujica (1997) Es cuando el 50% de las flores de la inflorescencia principal (cuando existan inflorescencias secundarias) se encuentran abiertas, esto ocurre de los 90 a 100 días de la siembra, esta fase es bastante sensible a las heladas, pudiendo resistir solo hasta -2°C , en esta etapa debe observarse la floración a medio día, ya que en horas de la mañana y al atardecer las flores se encuentran cerradas, por ser heliófilas. Así mismo la planta elimina en mayor cantidad las hojas inferiores que son menos activas fotosintéticamente y existe abundancia de polen en los estambres que tienen una coloración amarilla.

K. Grano lechoso

Mujica (1997) Cuando los frutos al ser presionados explotan y dejan salir un líquido lechoso, ocurre de los 100 a 130 días después de la siembra. En esta fase el déficit de hídrico es sumamente perjudicial para el rendimiento.

L. Grano pastoso

Mujica (1997) Es cuando el fruto al ser presionados presenta una consistencia pastosa de color blanco, ocurre de los 130 a 160 días después de la siembra, en esta fase el ataque de la segunda generación de *Eurissacca quínoae*. Pov. "Kcona-Kcona" causa daños considerables al cultivo, formando nidos y consumiendo el grano, así mismo el déficit de humedad afecta fuertemente a la producción.

M. Madurez fisiológica

Mujica (1997) Es la fase en la que la planta completa su madurez, y se reconoce cuando los granos al ser presionados por las uñas presenta resistencia a la penetración, ocurre de los 160 a 180 días después de la siembra, en esta etapa el contenido de humedad del grano varía de 14 a 16 %, el lapso comprendido desde la floración hasta la madurez fisiológica, viene a constituir el periodo de llenado de grano, asimismo en esta etapa ocurre un amarillamiento completo de la planta y una gran defoliación.

N. Madurez de cosecha

Mujica (1997) Cuando los granos sobresalen del perigonio, dando una apariencia de estar casi suelto y listo para desprenderse, la humedad de la planta es 12% tal que facilita la trilla.

Tabla 1.8. Reporte de rendimiento de quinua a nivel nacional e internacional

Variedad	Rendimiento (tm/ha)	País	Tecnología de producción	Zona de producción
INIA 431- Altiplano	3.00	Perú	Media (experimental)	Altoandina
INIA 427- Amailla Sacaca	3.50	Perú	Media (experimental)	Altoandina
INIA 420-Negra Collana	3.01	Perú	Media (experimental)	Altoandina
INIA 415- Pasankalla	3.54	Perú	Media (experimental)	Altoandina
INIA Salcedo	2.50 y 6.50	Perú	Media (experimental) y alta	Altoandina y costa
Illpa INIA	3.00	Perú	Media (experimental)	Altoandina
Quillihuaman INIA	3.50	Perú	Media (experimental)	Altoandina
Amarilla Marangani	3.5	Perú	Media (experimental)	Altoandina
Blanca de Juli	1.50 a 2.00	Perú	Media (experimental)	Altoandina
Kancolla	1.50 a 2.00	Perú	Media (experimental)	Altoandina
Blanca de Junín	2.50	Perú	Media (experimental)	Altoandina
Hualhuas	3.20	Perú	Media (experimental)	Altoandina
Huancayo	2.80	Perú	Media (experimental)	Altoandina
Amarilla Compuesta	5.40	Perú	Alta (experimental)	Valle interandino
Blanca	4	Kenia	medio	Costa
Blanca	4	España	medio	costa

Fuente: Elaboración propio

1.4.9. Plagas y enfermedades

Mujica (1998) Afirma que “qhona qhona” puede destruir por completo la producción de granos, debido a su frecuencia e intensidad de sus daños. El ataque de esta plaga se intensifica con los periodos de escasez de precipitaciones pluviales y temperaturas altas propias de veranillos.

Mujica (1998) Afirma que la enfermedad más importante y generalizada del cultivo de quinua es el “mildiu” (*Peronospora sp.*), que produce una defoliación considerable, que se presenta incluso en condiciones extremas de temperatura, humedad ambiental y precipitación aunque las condiciones ambientales de mayor humedad favorecen el desarrollo del hongo.

CAPÍTULO II METODOLOGÍA

2.1. ANTECEDENTES

Hasta antes de realizar el presente trabajo en el C.E Canaán de la Universidad Nacional San Cristóbal de Huamanga no contaba con la implementación de un sistema de riego por goteo y fertirriego, y los trabajos de tesis referidos a este tema solo se llegó hasta la fase de planificación de riego en gabinete, a pesar que la universidad tiene una escuela profesional de Ingeniería Agrícola abocado al estudio inherente a temas de agua. En vista de esta necesidad se coordinó con el responsable del C.E para tomar decisiones concretas y realizar el ambicioso trabajo que sería de mucha importancia para que los estudiantes realicen prácticas y así Promover el uso del sistema de fertirriego por goteo.

Una vez concluido el sistema tuvimos un problema en el manejo del sistema de fertirrigación, básicamente las dosis de los fertilizantes solubles en agua y la respuesta sobre el cultivo de la quinua, para tener un mejor resultado se hizo una pretesis, Con esto se logró a encontrar una dosis de fertilizante en una variedad tardía de quinua amarilla, Pero eso no quedo ahí, en el mercado existe una producto rico en ácidos húmicos de presentación granular y no se tenía referencia en la dosis de aplicación para el efecto del rendimiento en el cultivo de quinua Negra Collana (INIA – 420)

El presente trabajo titulado: **“INSTALACIÓN DE UN SISTEMA DE FERTIRRIEGO POR GOTEO Y EFECTO DEL ÁCIDO HÚMICO EN EL RENDIMIENTO DE QUINUA NEGRA (*Chenopodium quinoa* W.) EN CANAÁN, 2735 msnm – AYACUCHO”**. Contribuirá a dar solución a uno de los principales problemas que afronta la agricultura de nuestra región que es la escasez hídrica, uso irracional de los fertilizantes y el desconocimiento del uso los ácidos humamos con el fin de incrementar la producción y productividad de quinua negra que tiene buena aceptación en el mercado exterior por su gran valor nutricional.

2.1.1. Ubicación

A. Política

El Centro Experimental Canaán se encuentra ubicado en:

Departamento : Ayacucho
Provincia : Huamanga
Distrito : Andrés Avelino Cáceres Dorregaray
Lugar : Canaán Bajo

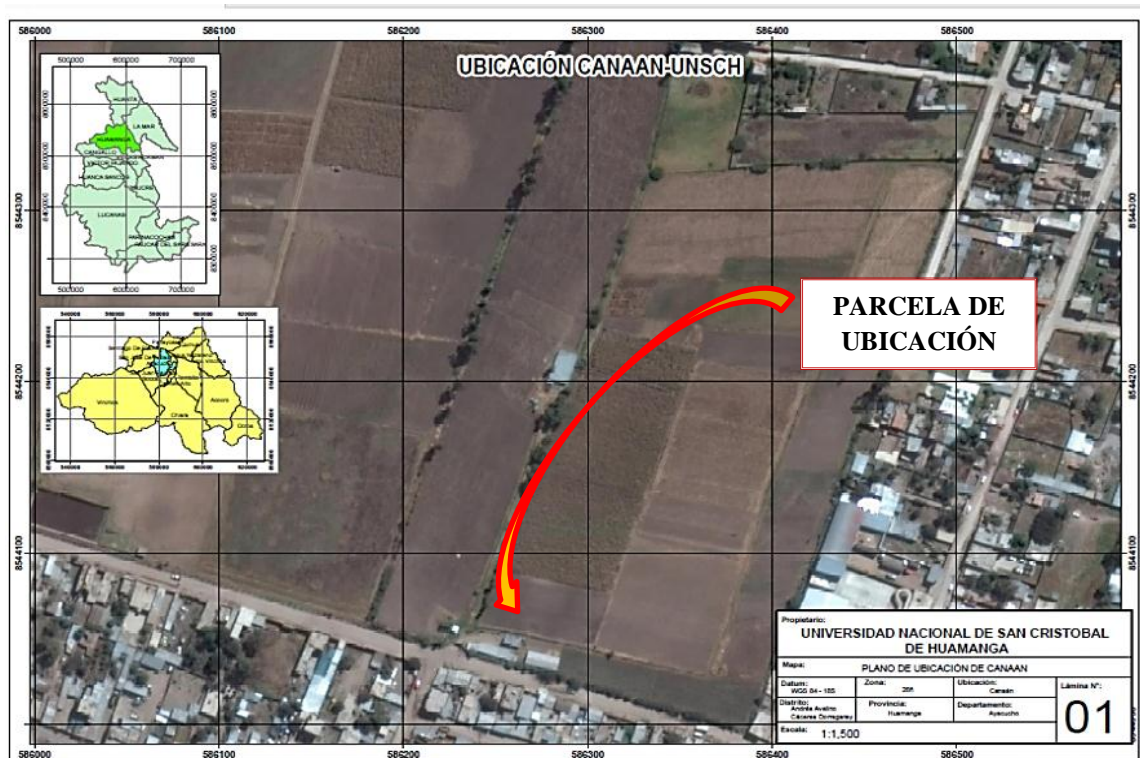


Figura 2.1. Vista satelital del trabajo de investigación

Fuente: elaboración propio

B. Geográfica

Latitud Sur : 13°23'00"
Longitud Oeste : 74°21'07"
Altitud : 2735 msnm

2.1.2. Vías de acceso

Centro Experimental Canaán de la Facultad de Ciencias Agrarias, está ubicado al Sur Este de la ciudad de Ayacucho aproximadamente a unos 2.7 km. a 15 minutos de viaje por las inmediaciones de la ciudad de Huamanga.

2.1.3. Aspecto ambiental

A. Clima

Rivera (1974) cita que el clima predominante en la ciudad de Ayacucho se caracteriza por los cambios bruscos de temperatura entre el día y la noche, la temperatura media fluctúa entre los 14 y 18 °C, los meses de mayor calor coinciden con los meses de mayor precipitación(enero, febrero, marzo), en dichos meses la temperatura supera a los 24°C y las mínimas entre los 9 y 10 °C; los meses de bajas temperaturas coinciden con la época de estiaje del año, en dichos meses las temperaturas oscilan entre los 2 a 5°C, presentando algunas heladas en horas de madrugada que corresponde a los meses(mayo, junio, julio).

La humedad relativa varía entre los 50 a 60%, con una precipitación de 400 a 700 mm, con un promedio de 550 mm.

B. Topografía

Muñoz (2009) señala que el C.E Canaán Presenta una topografía regular con ligera pendiente (0 - 5%).

C. Tipo de suelo

El origen de los suelos es del tipo aluvial, formado por el arrastre de suelos y depósito de materiales provenientes de las zonas altas. De acuerdo a los análisis físico químico de suelo que se realizó en “MULTISERVICIOS AGROLAB”, reporta que la clase textural arcilloso con 40% de arena, 17% de limo, 43% de arcilla, pH de 8.11, la densidad aparente es de 1.19g/cm³, capacidad de campo es de 27.51% y el punto de marchites es de 14.94%.

D. Recurso hídrico

El Centro Experimental "Canaán" – UNSCH cuenta con una fuente de agua de un canal preexistente cuyo caudal es de 53.25 l/s, el cual no es suficiente para irrigar un área de 7.4758 ha con el sistema de riego por gravedad; demás de este caudal le corresponde un solo turno de riego semanal que son los días miércoles, turno de riego programado por la junta de usuarios de riego.

2.1.4. Equipos y materiales

A. Equipos topográficos

- 01 Estación Total
- 03 Prismas.
- 01 Cinta métrica de 50 m.
- 01 Libreta de campo.
- 01 Calculadora
- Cámara fotográfica digital.

B. Equipos de laboratorio y herramientas

- 01 pico
- 01 pala
- 01 comba pequeña
- 01 juego de cilindros infiltrómetros
- Tablones de madera
- Cronómetro
- Regla Graduada.
- Lámina de plástico

2.1.5. Metodología

En la figura 2.2 se muestra la metodología seguida para la planificación del sistema de riego por goteo.

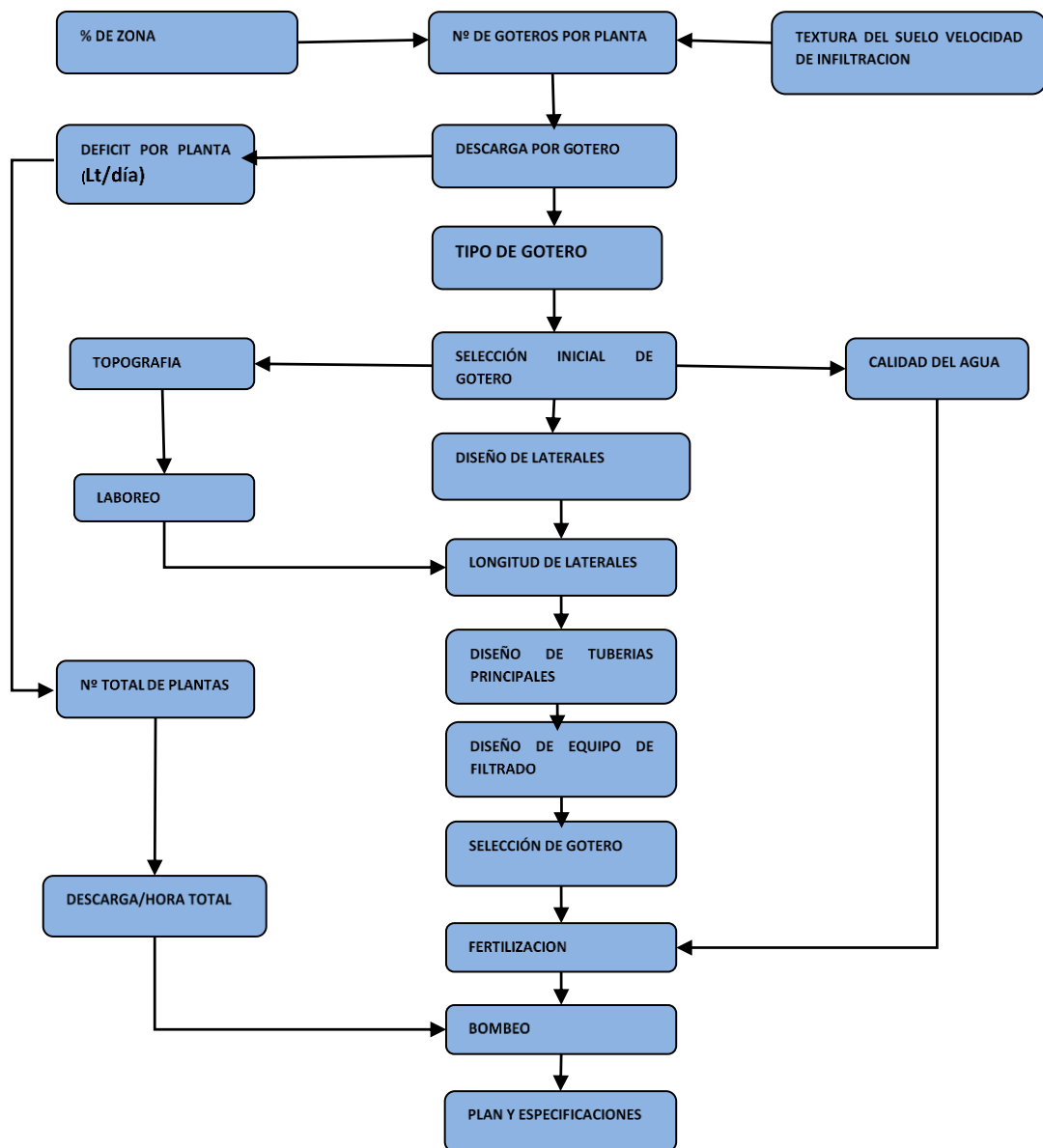


Figura 2.2. Planificación del sistema de riego por goteo

Fuente: El riego por goteo-Armoni

2.1.6. Fase de campo

- **Reconocimiento de terreno.**- Se realizó con la finalidad de ubicar y determinar las zonas de los cultivos a recomendar, ubicando posible calicata, fuentes de agua, ubicaciones de los reservorios, electrobomba, posibles trazos de tuberías, vías de acceso, y el método de levantamiento topográfico a realizar.
- **Recopilación de datos de la estación meteorológica.**- Se obtuvo los datos de precipitación mensual de los años 2000 - 2014. tabla 2.1.

- **Levantamiento topográfico.-** Se realizó con el método de radiación, estableciendo BMs con estacas de fierro, llevando un control planimétrico y altimétrico desde la fuente de agua hasta la zona de cultivo en la cual se piensa instalar el sistema presurizado.
- **Muestreo de suelos.-** Se realizó con la finalidad de determinar las propiedades físicas del suelo, realizando 03 calicatas de, 1m por 1m de ancho y 0.80 m de altura, de las partes más representativas del terreno, para extraer las muestras de suelo se procedió con el recorrido en “zic - zac” por capas en función de la profundidad de 0 - 20cm, y la prueba de infiltración básica en un lugar representativa.

2.1.7. Fase de gabinete

- **Estudio topográfico.-** De los datos de la libreta topográfica se realizó los cálculos como: La distancia, mandar cota a cada uno de los puntos, y luego se procedió al dibujo del plano topográfico a curvas de nivel cada 20 m. a una escala de 1/1000, en el cual se determinó el tamaño del área de terreno para el proyecto, el C.E. "Canaán" tiene una extensión de 7.4758 ha, de las cuales 0.942 ha serán utilizadas para el proyecto, en la que se determinó las áreas de cultivo, pendiente topográfica, lindero, ubicación de la fuente de agua.
- **Estudio climatológico. -** El estudio climatológico se basó en los datos de la "Estación Meteorológica SENAMHI (Servicio Nacional de Meteorología e Hidrografía)"- INIA; que cuentan con los siguientes instrumentos:
 1. Pluviómetro.
 2. Psicrómetro.
 3. Termómetros de máxima y mínima.
 4. Veleta.
 5. Heliógrafo.

Teniendo en cuenta los datos históricos de 14 años (2000 - 2014), y el reporte diario mensual, se realizó el cálculo del análisis histórico de la temperatura máxima, mínima y media, humedad relativa máxima, mínima y media, precipitación y velocidad del viento.

2.1.8. Estudios previos a la planificación del sistema de riego

A. Análisis de los elementos meteorológicos

Mediante el estudio realizado de la información básica, se presenta a continuación el comportamiento de los principales elementos meteorológicos de la Estación Meteorológica Huamanga – INIA (2000 - 2014). Tabla: 2.2.

Tabla 2.1. Registro de precipitación estación meteorológica de INIA

Estación	: INIA
Distrito	: Andrés Avelino Cáceres Dorregaray
Provincia	: Huamanga
Departamento	: Ayacucho
Altitud	: 2735 msnm
Latitud	: 13° 10' 07.55" S
Longitud	: 74° 12' 14.06" O

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
2000	126.0	174.2	91.5	8.0	20.3	10.8	55.8	12.7	6.2	66.0	22.1	79.2
2001	161.9	101.3	86.5	23.0	18.4	10.1	23.7	10.9	36.7	18.5	101.9	70.0
2002	133.8	141.4	101.0	26.4	15.1	8.9	25.8	19.3	57.7	22.5	49.7	101.4
2003	75.0	164.9	121.5	77.5	116.4	0.0	0.0	32.1	27.0	11.6	39.4	99.0
2004	46.8	114.6	83.7	22.8	40.1	10.7	31.4	11.8	57.3	41.6	77.0	143.1
2005	15.2	119.2	131.4	7.0	16.8	3.0	2.4	3.2	53.9	43.6	90.8	130.0
2006	143.9	144.0	126.6	26.9	7.3	0.0	1.3	9.6	54.4	38.3	145.8	63.0
2007	79.8	92.4	104.1	7.9	30.7	0.0	0.0	3.7	29.9	39.5	109.0	122.4
2008	98.1	79.6	58.6	29.5	11.5	8.8	0.0	0.0	39.1	25.0	37.7	77.4
2009	137.2	126.2	60.1	46.4	12.0	0.0	7.6	1.8	8.1	39.9	88.7	152.5
2010	155.2	101.7	70.6	27.4	15.5	0.0	0.7	15.6	21.9	66.7	27.4	103.7
2011	124.8	191.6	134.3	46.6	14.1	0.3	12.0	0.9	37.0	49.3	67.3	61.0
2012	53.1	153.9	110.7	74.3	2.4	10.7	2.4	2.1	28.7	27.2	54.7	152.7
2013	99.4	108.8	70.6	13.9	19.3	2.8	8.4	34.5	14.9	51.7	60.1	127.7
2014	155.2	101.7	70.6	27.4	15.5	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D

Fuente: Elaboración propio

S/D: Sin dato

B. Características químicas físicas del suelo

para poder determinar las características físicas del suelo, se realizó un muestreo de suelos de la zona de proyecto, determinándose 15 muestras representativas, luego llevados al Laboratorio de Análisis de Suelos, Plantas, Aguas y fertilizante "MULTESERVICIOS AGROLAB". Dando los resultados tal como se muestran en el anexo 1.

C. Determinación de la velocidad de infiltración básica

Se determinó una medición por el método del Cilindro Infiltrómetro, a nivel constante se eligió el lugar más representante para realizar la prueba.

Tabla 2.2. Resultados de la prueba de infiltración:

Muestra : 01
Método : Cilindro infiltrómetro
Lugar : Centro experimental Canaán – UNSCH
Textura : Arcilloso
Latitud : 13° 10' 07.55" S
Longitud : 74° 12' 14.06" O
Altitud : 2735 msnm

Hora (hh : min)	Tiempo (min)		Lectura (cm)		Lámina Infiltrada (cm)		Velocidad de Infiltración (cm/h)	
	Parcial [2]	Acumulado (To) [3]	Parcial [4]	Incremento [5]	Parcial [6]	Acumulado [7]	Instantánea [8]	Promedio [9]
00: 00	00		12.50					
00: 01	01	1	9.60		2.90	2.90	174.0	174.00
00: 02	01	2	8.40	12.70	1.20	4.10	72.0	123.00
00: 03	01	3	11.80		0.90	5.00	54.0	100.00
00: 04	01	4	11.40		0.40	5.40	24.0	81.00
00: 05	01	5	10.80		0.60	6.00	36.0	72.00
00: 08	03	8	9.30		1.50	7.50	30.0	56.25
00: 11	03	11	8.40		0.90	8.40	18.0	45.82
00: 14	03	14	7.50	13.00	0.90	9.30	18.0	39.86
00: 17	03	17	12.10		0.90	10.20	18.0	36.00
00: 20	03	20	11.20		0.90	11.10	18.0	33.30
00: 25	05	25	10.00	14.60	1.20	12.30	14.4	29.52
00: 30	05	30	13.30		1.30	13.60	15.6	27.20
00: 40	10	40	11.20	14.30	2.10	15.70	12.6	23.55
00: 50	10	50	12.50		1.80	17.50	10.8	21.00
01: 00	10	60	11.00	14.60	1.50	19.00	9.0	19.00
01: 20	20	80	12.00		2.60	21.60	7.8	16.20
01: 40	20	100	10.10	15.30	1.90	23.50	5.7	14.10
02: 00	20	120	12.80		2.50	26.00	7.5	13.00
02: 30	30	150	10.30		2.50	28.50	5.0	11.40

Tabla 2.3. Función de la velocidad de infiltración acumulada (Iac): muestra 01

Tiempo Acumulado To (min)	Lámina Infiltrada Acumulada Iac (cm)	Log (To) = X	Log (Iac) = Y	X*Y	X ²	Y ²
1.00	2.90	0.00	0.46	0.00	0.00	0.21
2.00	4.10	0.30	0.61	0.18	0.09	0.38
3.00	5.00	0.48	0.70	0.33	0.23	0.49
4.00	5.40	0.60	0.73	0.44	0.36	0.54
5.00	6.00	0.70	0.78	0.54	0.49	0.61
8.00	7.50	0.90	0.88	0.79	0.82	0.77
11.00	8.40	1.04	0.92	0.96	1.08	0.85
14.00	9.30	1.15	0.97	1.11	1.31	0.94
17.00	10.20	1.23	1.01	1.24	1.51	1.02
20.00	11.10	1.30	1.05	1.36	1.69	1.09
25.00	12.30	1.40	1.09	1.52	1.95	1.19
30.00	13.60	1.48	1.13	1.67	2.18	1.28
40.00	15.70	1.60	1.20	1.92	2.57	1.43
50.00	17.50	1.70	1.24	2.11	2.89	1.55
60.00	19.00	1.78	1.28	2.27	3.16	1.64
80.00	21.60	1.90	1.33	2.54	3.62	1.78
100.00	23.50	2.00	1.37	2.74	4.00	1.88
120.00	26.00	2.08	1.41	2.94	4.32	2.00
150.00	28.50	2.18	1.45	3.17	4.74	2.12
SUMATORIA		23.81	19.62	27.86	37.02	21.75

Cálculos de los parámetros

$$B = \frac{n (\sum Xi \cdot Yi) - \sum Xi \sum Yi}{n \sum Xi^2 - (\sum Xi)^2} \dots\dots\dots(2.1)$$

$$A_0 = \frac{\sum Yi}{n} - \frac{B \sum Xi}{n} \dots\dots\dots(2.2)$$

$$A = \text{antilog } A_0 \dots\dots\dots(2.3)$$

$$r^2 = \frac{\left[\sum XiYi - \frac{\sum Xi \sum Yi}{n} \right]}{\left[\sum Xi^2 - \frac{(\sum Xi)^2}{n} \right] \left[\sum Yi^2 - \frac{(\sum Yi)^2}{n} \right]} \dots\dots\dots(2.4)$$

Remplazando datos se obtiene:

B = 0.4546

$$A_0 = 0.4630$$

$$A = 2.9039$$

$$r^2 = 0.9990$$

Tabla 2.4. Función de la velocidad de infiltración (I)

Tiempo Acumulado To (min)	Velocidad de Infiltración (cm/h)	Log (To) = X	Log (I) = Y	X*Y	X ²	Y ²
1.00	174.00	0.00	2.24	0.00	0.00	5.02
2.00	72.00	0.30	1.86	0.56	0.09	3.45
3.00	54.00	0.48	1.73	0.83	0.23	3.00
4.00	24.00	0.60	1.38	0.83	0.36	1.90
5.00	36.00	0.70	1.56	1.09	0.49	2.42
8.00	30.00	0.90	1.48	1.33	0.82	2.18
11.00	18.00	1.04	1.26	1.31	1.08	1.58
14.00	18.00	1.15	1.26	1.44	1.31	1.58
17.00	18.00	1.23	1.26	1.54	1.51	1.58
20.00	18.00	1.30	1.26	1.63	1.69	1.58
25.00	14.40	1.40	1.16	1.62	1.95	1.34
30.00	15.60	1.48	1.19	1.76	2.18	1.42
40.00	12.60	1.60	1.10	1.76	2.57	1.21
50.00	10.80	1.70	1.03	1.76	2.89	1.07
60.00	9.00	1.78	0.95	1.70	3.16	0.91
80.00	7.80	1.90	0.89	1.70	3.62	0.80
100.00	5.70	2.00	0.76	1.51	4.00	0.57
120.00	7.50	2.08	0.88	1.82	4.32	0.77
150.00	5.00	2.18	0.70	1.52	4.74	0.49
SUMATORIA		23.81	23.93	25.71	37.02	32.86

$$b = - 0.5966$$

$$a_0 = 2.0070$$

$$a = 101.6293$$

$$r^2 = 0.9357$$

Por tanto, el tiempo de infiltración base donde la velocidad de infiltración es casi constante es:

$$I = a * T_o^b \dots\dots\dots(2.5)$$

$$I_b = a * (-6000 b)^b$$

$$T_b = - 6000 * b_{mi}$$

$$T_b = - 6000 * - 0.5966$$

$$T_b = 3579.60 \text{ min}$$

$$I_b = 101.6293 * (3579.60)^{-0.5966}$$

$$I_b = 0.77 \text{ cm/h}$$

$$I_b = 7.70 \text{ mm/h}$$

Este resultado de la velocidad de infiltración básica está en función a la tasa de cambio del 1% (-0.001) en función de experiencias realizadas en el área de Bahía blanca – Costa Rica según Fernández et al. 1971 añadiendo este criterio a la ecuación que desarrollo Kostiakov (1932), a la cual no se ajusta los resultados de la velocidad de infiltración básica reportado en la región y a nivel nacional.

2.1.9. Planificación del sistema de riego

A. Distribución del cultivo

El presente trabajo pretende cubrir el área de investigación con el cultivo de la quinua negra collana (INIA - 420) con el sistema de riego por goteo.

Tabla 2.5. Planificación del sistema de riego

parcela	Cultivo	Área del (ha)	Meses											
			E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
1	Quinua negra	0.0942						B	B	B	B	B	B	
	Total	0.0942												

Fuente: Elaboración propia

B: Meses de permanencia del cultivo

B. Fuente de agua

Se cuenta con una fuente de agua, proveniente del río Huatatas el cual llega al C.E Canaán a través de una canal entubada, del cual se reparte dos ramales uno para el INIA, otro para la UNSCH con un caudal cuya capacidad es de 53.25 l/s.

C. Diseño del sistema de riego por goteo

El diseño de sistema de riego presurizado consta de componentes: El Diseño Agronómico y el Diseño Hidráulico.

El Diseño Agronómico, es un componente fundamental en todo proyecto de riego, en esta etapa se decide una serie de elementos de instalación que están relacionadas con los condicionantes del medio (suelo, cultivos, clima, parcelación, etc.) que son de gran importancia para el Diseño Hidráulico.

D. Diseño agronómico

El diseño agronómico es una parte fundamental del proyecto de riego; en la que se desarrollan tres fases:

1. Cálculo de las necesidades de agua de los cultivos.
2. Determinación de los parámetros de riego: Dosis, frecuencia e intervalo entre riegos, duración del riego o tiempo de riego, número de emisores por surco, caudal necesario, etc.
3. Disposición de los emisores en el campo.

2.1.10. Cálculo de las necesidades de agua de los cultivos

Para el diseño, lo que interesa conocer es el valor máximo de consumo de agua para satisfacer sus necesidades fisiológicas, en función de la cual se diseñará las instalaciones del sistema de riego, se debe tener en cuenta los siguientes factores:

2.1.11. Cálculo de la evapotranspiración del cultivo de referencia (ET_o)

El cálculo de la Evapotranspiración potencial (ET_o) se realizó mediante el método de Penman; utilizando datos de la estación meteorológica del INIA - Ayacucho, obteniéndose valores por cada mes. (Tabla 3.7).

2.1.12. Cálculo del coeficiente de cultivo (K_c)

Los valores de K_c de los cultivos de la quinua se determinan mediante el método gráfico elaborado por la FAO, para determinar el K_c (FAO), Los factores que afectan al K_c son principalmente las características del cultivo, fechas de siembra, ritmo de crecimiento, desarrollo del cultivo, duración del periodo vegetativo, condiciones nutritivas y la frecuencia de lluvia o riego, especialmente durante la primera etapa.

La FAO divide el ciclo de vida de los cultivos anuales en cuatro etapas:

- F I : Inicial o del Establecimiento del Cultivo.
- F II : Etapa del Rápido Desarrollo del Cultivo.
- F III : Etapa de Medios de la temperatura o de máximo uso consuntivo.
- F IV : Etapa de la Maduración y Cosecha.

2.1.13. Cálculo de la evapotranspiración de cultivo (ETc)

El valor de la Evapotranspiración del Cultivo (ETc) se determina por la multiplicación de Kc y ETo, obteniéndose valores mensuales, a partir del cual se determina las necesidades de agua para el cultivo (tabla 3.9 y tabla 3.11), y determinándose también la demanda de agua y módulo de riego para todo el ciclo vegetativo del cultivo. (Tabla 3.12).

2.1.14. Determinación de la dosis, frecuencia y tiempo de riego, número de emisores por planta y caudal del emisor

Se determinó de acuerdo a las exigencias del régimen de riego, capaz de abastecer el volumen de agua requerido durante la etapa de máximo.

Consumo de agua por el cultivo, de acuerdo con los datos obtenidos del suelo, clima, longitud, laterales, topografía del terreno, etc. y obtener resultados de acuerdo a las exigencias del cultivo, diseño agronómico e hidráulico para lo cual se determina los tipos de emisores a utilizar con las siguientes características:

1. Datos de emisores

➤ Selección del gotero

Datos del gotero	
Modelo	Eurodrip Clase 8000
Presión	0.5 Bar.
Caudal	0.8 lt/h
Diámetro efectivo	16.1 mm

Fuente: Ficha técnica de la cinta de goteo

2.1.15. Cálculo de los parámetros de riego

Para la determinación de los parámetros de riego con diseño y dimensionamiento del equipo de riego es necesaria una información Agrotécnica que incluye:

- CC : Contenido de humedad a capacidad de campo (CC, %).
- PM : Contenido de humedad del suelo en el punto de marchites (CC, %).
- Da : Densidad aparente (kg/m³).
- Z : Profundidad radicular efectiva (cm).
- NAP : Nivel de agotamiento permisible (%).
- ETc : Evapotranspiración máxima del cultivo (mm/día).
- Lr : Fracción de lavado.
- Ea : Eficiencia de aplicación estimada (%).
- P : Porcentaje mínimo de suelo mojado (%).

Información técnica relativa

- A : Área total a Regar (ha).
- Qd : Caudal disponible (l/s).
- Trd : Tiempo disponible de riego al día.
- DI : Días libres de riego durante el ciclo de riego.

Determinación de los parámetros de riego:

2.1.16. Diseño hidráulico de riego por goteo

A. Cálculo tolerancia de caudales y presiones

➤ **Ecuación del gotero**

Siendo:

$q = KH^X$(2.6)
------------	------------

- Q : Caudal del emisor.
- K : Coeficiente de descarga característico del gotero (caudal bajo carga unitaria).
- H : Altura de presión a hidráulica la entrada del emisor (mca).
- X : Exponente de descarga el gotero; x=0 autocompensante.

➤ **Tolerancia de presiones**

Conocidos qa y qns, así como la ecuación del emisor ($q = kh^x$) se calculan las presiones medias (ha) y mínima (hns).

$$h = \left(\frac{q}{k}\right)^{\frac{1}{x}} \dots\dots\dots(2.7)$$

La diferencia de presión en la subunidad AH, es proporcional a (h_a - h_{ns})

$$\Delta H = M (h_a - h_{ns}) \dots\dots\dots(2.8)$$

Donde M es un factor que depende del número de diámetros que se vayan a emplear en una misma tubería, ya sea terciaria o lateral. Keller recomienda los siguientes valores de M:

Diámetro	M
Diámetro constante	4.3
2 diámetros	2.7
3 diámetros	2.0

No obstante, como en esta fase del cálculo es difícil saber el número de diámetros, se recomienda utilizar el valor M = 2.5.

➤ **Datos topográficos de las subunidades de riego**

Se toman las medidas de las subunidades tanto como longitudes y elevaciones.

B. Cálculo de caudal y presión en lateral de riego

➤ **Pérdidas de carga en laterales con salidas múltiples**

En los laterales de riego se da el efecto de disminución de pérdida de carga como consecuencia de la disminución progresiva de caudal por los hidrantes, y el efecto de incremento de la pérdida de carga por efecto de las conexiones de los emisores.

Por lo tanto, la pérdida final en el lateral se puede formular:

J' : Gradiente de pérdidas de carga equivalente del lateral con emisores (m/100m).

L : Longitud de la Tubería.

F : factor de reducción de Christiansen.

$$F = \frac{1}{m + 1} + \frac{1}{2N} + \frac{(m - 1)^{\frac{1}{2}}}{6N^2} \dots\dots\dots(2.8)$$

Dónde:

- N : Número de salidas.
- B=m : Exponente de la Velocidad.

➤ **Fórmula de Hazen y williams – régimen turbulento intermedio**

Esta fórmula suele aplicarse a tuberías de diferentes materiales y para diámetros menores a 3”.

$$J = 1.21 \times 10^{12} \times \left(\frac{Q}{C}\right)^{1.85} \times D^{-4.87} \dots\dots\dots(2.9)$$

Donde:

- C : Coeficiente de flujo.
- D : Diámetro de tubería (mm).
- Q : Caudal (l/s).

➤ **Cálculo de pérdida de carga unitaria incluido el efecto de las conexiones de los emisores (m/m)**

$$J' = J \left(\frac{S_e + f_e}{S_e}\right) \dots\dots\dots(2.10)$$

Dónde:

- Se: Separación entre emisores (m).
- Fe: Longitud equivalente de la conexión de un emisor en m.

Cálculo de pérdida de carga en lateral de riego

$$h_f = J' \times F \times L \dots\dots\dots(2.11)$$

Dónde:

- J' : Pérdida de carga unitaria (m/m).
- L : Longitud de la Tubería.
- F : factor de reducción de Christiansen.

2.1.17. Diseño de la presión a la entrada del lateral (hm)

$$h_m = h_a + 0.733h_f + \left(\frac{z_2 - z_1}{2}\right) \dots\dots\dots(2.12)$$

Dónde:

h_a : Presión media del gotero (m).

h_f : Pérdida de carga en el lateral (m).

Z_2-Z_1 : Diferencia topográfica (m).

2.1.18. Diseño de la presión en la distribuidora

$$H_m = h_m + 0.75H_f + \left(\frac{z_2 - z_1}{2}\right) \dots\dots\dots(2.13)$$

$$h_m = h_a + 0.733h_f + \left(\frac{z_2 - z_1}{2}\right) \dots\dots\dots(2.14)$$

Dónde:

h_m : Presión a la entrada del lateral.

H_f : Pérdida de carga.

Z_2-Z_1 : Diferencia topográfica (m).

➤ Cálculo de pérdida de carga unitaria (m /m)

Fórmula de Darcy – Weisbach

$$J = (f / D). (V^2 / 2g) \dots\dots\dots(2.15)$$

Dónde:

D : Diámetro de la conducción (m).

V : Velocidad a la que circula el fluido (m/s).

L : Es la longitud de la conducción (m).

G : Aceleración de la gravedad (m/S²).

2.1.19. Cálculo de caudales y presiones en la tubería matriz y secundaria

Para poder diseñar las tuberías primarias y secundarias se usará una hoja de cálculos cuya estimación de las pérdidas de carga se realizan con la fórmula de Darcy Weisbach, con el "f" de Swamme Jain, que nos permitirá seleccionar diámetros y presiones, además que nos permitirá realizar la simulación de momentos de riego y las presiones requeridas en los arcos de riego que son las presiones requeridas en la entrada de los mismos.

2.1.20. Diseño del cabezal de riego

Los accesorios que lo componen el cabezal de riego son: Filtro de grava, filtros de anillos, caudalímetro, inyector de fertilizantes y demás accesorios. Se tendrá la pérdida de carga total en el cabezal de riego, lo cual servirá para poder obtener la presión de trabajo.

2.1.21. Descripción del campo experimental

Características del campo experimental

- Unidades experimentales en la parcela : 15
- Ancho de parcela : 12 m
- Largo de parcela : 62 m
- Área neta del campo experimental : 744 m²

A. Croquis del campo experimental

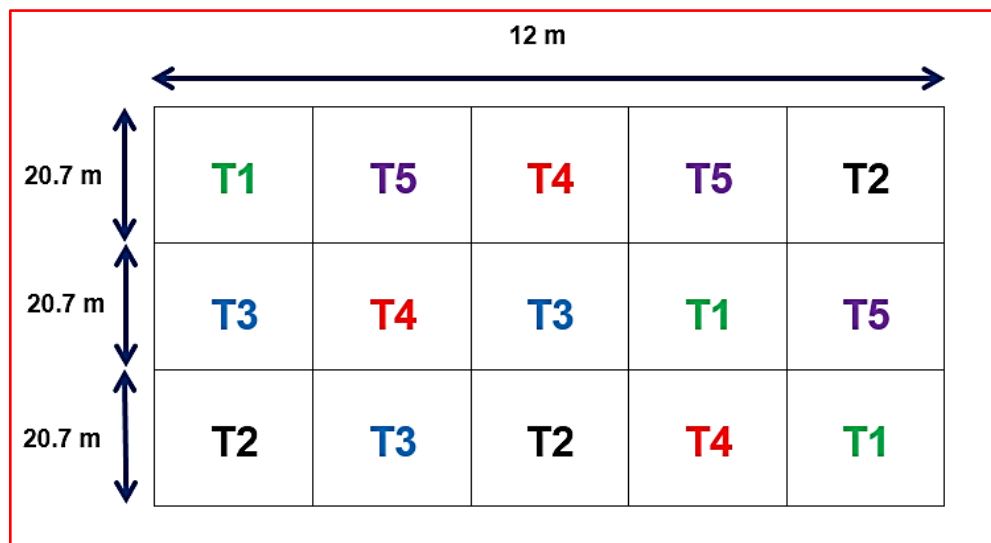


Figura 2.3. Croquis de campo para el tratamiento de los ácidos húmicos.

Fuente: Elaboración propio

Dónde:

- T1: 0 kg/ha ácido húmico (Testigo).
- T2: 25 kg/ha de ácido húmico.
- T3: 50 kg/ha de ácido húmico.
- T4: 75 kg/ha de ácido húmico.
- T5: 100 kg/ha de ácido húmico.

B. Características de la unidad experimental

- Largo de la unidad experimental : 20.7 m
- Ancho de la unidad experimental : 2.4 m
- Área de la unidad experimental : 49.7m
- Número de laterales por unidad experimental : 6
- Distancia entre laterales mellizos : 0.3 m
- Distancia entre par de mellizos : 0.5 m

C. Croquis de la unidad experimental

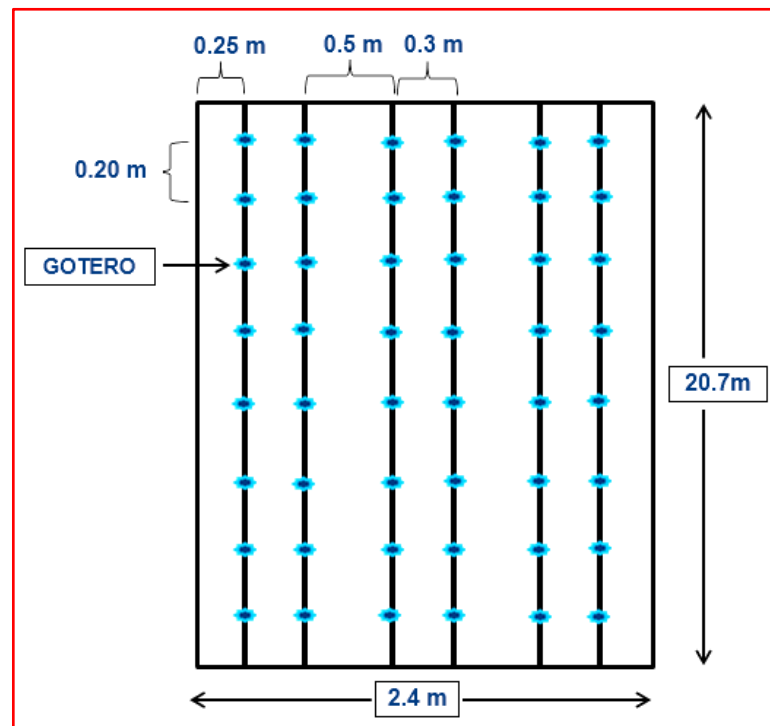


Figura 2.4. Croquis de la unidad experimental

Fuente: Elaboración propio

La unidad experimental estará conformada por 6 laterales de cinta de 20.7m de largo; teniendo una separación entre laterales mellizos de 0.30 m y entre para de laterales

mellizos de 0.5 m. La unidad experimental ocupara una área de $2.4 \times 20.7 = 49.7 \text{ m}^2$, teniendo una particularidad de no contar con surcos.

2.1.22. Diseño experimental

El diseño estadístico de los datos se ha realizado considerando el DCR, siendo el modelo aditivo lineal el siguiente:

$$X_{ij} = \mu + T_i + \epsilon_{ij}$$

El análisis estadístico consistió en realizar los análisis de variancia y la prueba de contraste de Duncan

2.1.23. Instalación del sistema de fertirriego por goteo y su conducción

1. Instalación del sistema

El presente trabajo de investigación se concretó en tres campañas, la primera fue el diseño agronómico, hidráulico y la instalación del sistema que se relocalizo en la campaña (2013 – 2014), debido a que el centro experimental no contaba hasta ese entonces con un sistema de riego tecnificado con las características de hoy en día. La segunda campaña se realizó en todo el periodo del 2014 (campaña chica), para lo cual se instaló un cultivo de quinua de la variedad amarilla con el fin de tener un reporte de la respuesta de una dosis adecuada bajo la aplicación del sistema e fertirriego y el rendimiento potencial de dicha variedad, que hasta entonces no se tenía reporte de experiencia en la región. La tercera campaña se realizó durante todo el periodo 2015 (campaña chica), consistió en concretar el presente trabajo de investigación, para lo cual se instaló la quinua Negra Collana (INIA – 420) con una dosis reajustado de la campaña anterior de la quinua amarilla (amarilla compuesta) y añadiendo otro factor a evaluar sobre el efecto de la dosis de ácidos húmicos en el sistema instalado.

A. Construcción del reservorio

Se empezó con la excavación manual del terreno destinado para la construcción del reservorio el 6 de setiembre del 2013, concretándose en el 14 de diciembre del mismo año. Para este proceso se realizó el revestido de las paredes con barro de tierra cernida y posteriormente se revestido con yeso y carbonato de calcio en dosis de mezcla de $(\frac{1}{2})$ todo esto para evitar daños a la geomembrana, concretizado el revestido se colocó un paño de geomembrana de HDPE de 112 m^2 de 0.75 mm de espesor y una capacidad es de 50 m^3 .

B. Construcción del cabezal de riego

La construcción del cabezal de riego se realizó el 26 de enero del 2014 y se concretó el 25 marzo del 2014, el cabezal ocupa un área de 5.36 m³, se construyó con material doble con un techo de una sola agua, ventanas con malla galvanizada para tener mayor ventilación porque siempre se va trabajar con productos químicos de reacción rápida y evitar contaminación contraproducente a la salud; es por eso que la orientación del cabezal está ubicada de norte (puerta) a sur. La mayor altura de la pared tiene 2.62 m y la parte baja 2.35 m, tiene una puerta enrejada de 2.31 m de altura y 0.97 m de ancho para tener la seguridad de los equipos que están en el cabezal de riego.

C. Construcción de los filtros de grava

El sistema consta de dos filtros secundarios (antes del cabezal), se instaló el 28 de marzo del 2014 y se concluyó el 4 de abril del mismo año. El primer filtro está ubicado fuera del reservorio para lo cual se colocó sobre una plataforma circular revestido con cemento con terminación cónica para realizar la decantación de arena y material pesante la cual retorna al canal de riego a través de una tubería de 2" y con una llave de paso tipo bola en la terminación para regular la salida del material sedimentado. El filtro consta de 3 capas en la cual se ha colocado grava de piedra de 1", 0.5" y 0.25" respectivamente. El segundo filtro se colocó en el interior del reservorio con mismo criterio de granulometría que del primer filtro, cuya particularidad es que las tres capas está en el interior de un cilindro de 200 l en cada capa interna está separado por retazos de tubería de 415 mm y 315 mm, esta última está recubierto de una malla muy fina (malla antiafida) para tener mayor eficiencia de filtrado.

D. Implementación de los componentes del cabezal de riego

Se realizó el 12 de abril del 2014 En el este proceso se contempló la instalación de la una electrobomba de 2 HP que es el corazón del sistema, una cruceta galvanizada de 1" que tiene la función de cebar agua para los tanques de fertilizantes y otra para el mantenimiento del reservorio y lavado de los filtros primarios. Cabe mencionar otros componentes:

- Inyectores tipo venturi de 3/4" con reducción a 5/8".
- Válvula de control general de 2".
- 1 filtro de anillo de 2" con disco de 120 mesh.
- manómetros de glicerina de 4 bares.

- 1 caudal metro de 2" con 15 m³/h de capacidad.
- Válvula de aire de 2" de doble efecto.

E. Instalación de la red primaria y secundaria

Se realizó el 14 de abril del 2014 consistió en tender la red primaria de manguera de HDPE de 2", la red de 100 m se extendió a lo largo del borde del campo paralela al portatral de 69 m y de manera perpendicular a 31 m. A los 12.20 m de distancia de la red primaria se instaló el arco de riego móvil cuya función es repartir el caudal para dos subunidades A y B a través de red secundaria de 1" en la cual se instaló (lado A) el trabajo de investigación. Cabe destacar que la red primaria tiene una terminación controlado con una válvula de control de 2" con fines de pulga de la red primaria.

F. Operación y mantenimiento del sistema

Básicamente esta labor se realizó en toda los experimentos instalados en el campo con riego, consistió en la limpieza del reservorio, filtros de grava primario, descoles de red secundaria y de las cintas de goteo. El reservorio, los filtros primarios y el descole de las cintas se realizaron una sola vez en cada campaña, los filtro de anillo y los tanques de fertilización 2 veces por semana para garantizar su normal funcionamiento del sistema y evitar obstrucciones de los goteros.

2. Conducción del experimento

A. Preparación de terreno

Se realizó el 25 de abril del 2015, con una pasada de arado de discos, una pasadas de rastra y al mismo tiempo el nivelado en forma cruzada dejando el terreno desterronado, mullido y nivelado, para este último colocamos un tronco anclado en la misma rastra para realizar el nivelado del suelo con el fin de uniformizar el área de trabajo y evitar problemas de encharcamiento y así tener bajo control de las enfermedades fungosas.

Para este trabajo se obvio el proceso de surcado, debido a que se sembró en una época secano y bajo el sistema de riego goteo.

B. Demarcado del campo experimental

Se realizó el 30 de abril del 2015, de acuerdo al croquis del campo experimental y entre los materiales empleados se tuvo una wincha, estacas, yeso y cordel; luego se procedió a dividir las parcelas.

C. Instalación del portalateral y el lateral de riego

Se realizó el 01 de mayo del 2015, para lo cual se volvió instalar el portalateral móvil de riego; debido a que se había retirado en la cosecha anterior. Una vez fijado el portalateral se empezó a tender las cintas de goteo distanciados cada 0.30 m entre laterales y a 0.50 m entre par de laterales mellizos.

Tendido las cintas de goteo se procedió a realizar la purga para limpiar el sistema y evitar las obstrucciones de los goteros, luego se realizó el anclaje de los terminales de las cintas para evitar ser movidas por el viento o las labores que vayan a realizar en el proceso de conducción del experimento. Como último trabajo de esta fase se procedió a fijar el lateral de riego en medio de la parcela para tener mayor estabilidad de las cintas, esto se realizó amontonando con dos paladas de tierra por encima de las cintas.

D. Desinfección de las semillas

Se realizó el 04 de mayo del 2015 y se procedió a seleccionar los granos; seguidamente se procedió a desinfectar con el producto vitabac (*Carboxín* y *Captán*) a una dosis 5 g/kg de semilla, con la finalidad de prevenir las enfermedades fungosas, para tal efecto se utilizó una bolsa de plástico, luego se colocó la semilla y se procedió a humedecer las semillas para luego espolvorear el producto removiendo constante hasta lograr que el producto cubra las semillas por completo por un tiempo de 4 minutos, finalmente se llevó a la sombra con la finalidad de orear por un lapso de 30 minutos.

E. Fertilización

Se aplicó la fórmula de fertilización por hectárea de: N - P₂O₅ - K₂O - CaO - MgO - S - Zn: 80 - 40 - 90 - 8 - 2 - 18 - 1 y 530 kg/ha de guano de isla, considerando el análisis de suelo y el trabajo de pretesis realizado bajo este sistema en el 2014 en el mismo campo con la variedad amarilla Compuesta, utilizando la siguiente fórmula de fertilización: N - P₂O₅ - K₂O - CaO - MgO - S : 90 - 60 - 70 - 26 - 13 - 36 y 530 kg/ha de guano de isla. Teniendo como fuente los siguientes fertilizantes urea(46% de N), nitrato de amonio (33% N y 3% P₂O₅), fosfato diamonico (18 % N y 46 % P₂O₅), ácido fosfórico (60% P₂O₅), sulfato de potasio (52% K₂O y 18%S), nitrato de calcio (16%N y 26% CaO), sulfato de magnesio (16% MgO y 13% S) y sulfato de zinc (22.5%Zn y 11.5% S) respectivamente.

El abonamiento de fondo se realizó el mismo día de la siembra (04 de mayo del 2015), utilizando el 14%, 12% y 10% de NPK de la dosis total, contenidos en urea, fosfato diamónico y cloruro de potasio; y el resto de la dosis con los fertilizantes solubles en agua en 23 turnos de riego. En este mismo proceso se aplicó las dosis de ácidos húmicos granulados con las siguientes cantidades (0, 25, 50, 75 y 100 kg/ ha).

F. Siembra

La siembra se realizó el 14 de mayo del 2015, con una cantidad de 8 kg/ha, depositando la semilla en la línea de la cinta de goteo a chorro continuo, finalmente se procedió al tapado con ramas y escobas junto con los fertilizantes granulados en los porcentajes mencionados anteriormente.

G. Riegos

La dotación de agua mediante riego por goteo se realizó después de la siembra con una dosis $8 \text{ m}^3/942 \text{ m}^2$ un tiempo de 45 minutos con una frecuencia de riego de 3 días, la demanda hídrica, frecuencia de aplicación y la demanda nutricional dependió del estado fenológico del cultivo; esta actividad se evaluó hasta que el cultivar llegue a la madurez fisiológica, siendo Para un ciclo vegetativo de 158 días, el consumo de agua de riego por goteo fue de $5696 \text{ m}^3/\text{ha}$ a una alta densidad y para el manejo de un productor de $2848 \text{ m}^3/\text{ha}$; siendo el coeficiente del cultivo (K_c) promedio estimado de 1.

H. Escarda

Esta labor se realizó a los 34 días (06 de junio del 2015), para la cual se diseñó una escardadora a tracción manual “torito escardador” la incorporación de tres asadas terminadas en punta, cuya función fue la de remover el suelo y controlar la maleza; esta actividad se realizó con dos pasadas en el medio del lateral mellizo y en dos oportunidades durante el ciclo vegetativo del cultivo.

I. Raleo

Se realizó a los 36 días después de la siembra (08 de junio del 2015), dejando aproximadamente 15 plantas/ml. En esta labor se aprovechó para retirar las malezas que habían quedado en la línea del lateral después de la escarda.

J. Aporque

Esta actividad se realizó el día 24 de junio de 2015, después de la incorporación del guano de isla con una dosis de 530 kg/ha (50 kg/942 m²), en 36 laterales para ser más exacto), cabe recalcar que esta actividad no fue con la finalidad de evitar el tumbado de las plantas, sino para cubrir solo el guano de isla y evitar la pérdida por volatilización de los nutrientes.

K. Aplicación del abonamiento foliar

La primera aplicación de los abonos foliares (fertilizantes foliares y bioestimulantes) se realizó vía el sistema de quimificación en las fechas que muestran en la tabla 2.6, con el fin de estimular el buen desarrollo radicular y para complementar este proceso se realizó la primera aplicación foliar a los 42 días después de la siembra (16 de junio del 2015) que consistió en bioestimulante Orgabiol a la dosis de 0.3 l/ha; el 27 de junio del 2015 se repitió el mismo producto en la misma dosis; el 9 de julio se aplicó Agrostemin 0.25 l/ha volviéndose a repetir el 25 de julio, el 29 de agosto del 2015 se aplicó sulfato de potasio y sulfato de zinc a una dosis de 0.77 kg/ha y 0.22 kg/ha respectivamente.

Tabla 2.6. Quimificación en el cultivo de la quinua negra

Fecha	Producto	Nombre comercial	Dosis (l/942 m ²)	Solución madre (l)
04/06/2015	Áci. húmico	Tiza	0.500	50
	Reg. crecimiento	Rhotor	0.125	
07/07/2015	Áci. fulvico	Fulvoxil	0.100	50
06/08/2015	Fertilizante liquido	Promet Ca	0.250	50

Fuente: Elaboración propio

L. Control fitosanitario

a) Plagas

Durante los dos primeros meses se tuvo problemas con la mosca minadora (*Liriomisa huidobrensis*), el escarabajo de la hoja (*Diabrotica sp*) y el trips (*Frankliniela sp*) este último haciendo una simbiosis con la enfermedad del mildiu (*Peronospora farinosa*). En la etapa floración hasta el estado de grano lechoso el áfido (*Macrosiphum euphorbiae*) se presentó ocasionalmente, para lo cual se tomó medidas de control con los siguientes insecticidas: Baytroide, Cube fermentado, Tifon, Amidor, Lanate; con la respectiva rotación de principios activos, siendo la última aplicación a los 114 días

(29 de agosto del 2015) con Lanate para el control del áfido, tal como se muestran en el anexo 14.

b) Enfermedades

Durante el periodo de crecimiento de la planta se observó el Mildiu (*Peronospora farinosa*), siendo la primera aplicación a los 30 días después de la siembra (03 de junio del 2015) el cual se procedió a controlar con el producto Metarrach a una dosis de 1 kg/ha, en total se aplicó en cinco oportunidades haciendo una rotación de productos como: Metarrach, Ridomil Gold, Surfa, Serenade; tal como se muestran en el anexo 14, Siendo la última aplicación a los 81 días después de la siembra (25 de julio del 2015), esto con el fin de evitar que deje residuo en el grano de la quinua.

M. Cosecha

Esta última labor de campo Se realizó el 18 de octubre del 2015, previa evaluación de la madurez de cosecha de los granos, para esta actividad se dividió entre partes iguales la línea del lateral (6 m); de las cuales se cegó 0.50 m lineales de ambos líneas centrales de los mellizos por cada tratamiento, en total se segó 3 m lineales por cada tratamiento. Enseguida se guardó las panojas en el secadero del C.E Canaán con su respectiva etiqueta de identificación, posteriormente el día 28 de octubre del 2015 se procedió a la trilla en forma manual (frotando), para este proceso se seleccionó 30 plantas de manera al azar (10 plantas de cada metro lineal del par de mellizos); luego se procedió a ventear y finalmente al pesado de las panojas con una balanza analítica y el tallo con un vernier digital, cabe destacar que no se han seleccionado las plantas por ningún motivo con fin de tener datos reales en el presente trabajo de investigación.

2.1.23. Variables evaluadas del cultivo

Para esta característica se evaluaron en 30 plantas de cada unidad experimental, siendo en total 90 plantas por tratamiento y 450 muestras evaluadas en general en todo el trabajo de investigación, todas las muestras se tomaron de manera aleatoria para tener resultados reales de campo. Cabe mencionar que en este ítem se consideró el carácter de segregación de los granos, debido a que este factor es muy frecuente en campo del productor en especial para esta variedad en estudio, repercutiendo en el precio; hasta antes del presente estudio no teníamos dato numérico en el porcentaje con la cual es afectado esta variedad.

A. Altura de planta (cm)

Este parámetro se evaluó a la madurez cosecha, desde la base del tallo hasta terminal de la panoja, para lo cual se tomó la medida en cm.

B. Longitud de panoja (cm)

La longitud de la panoja se evaluó a la madurez de cosecha, desde la base de la panoja hasta el extremo distal de la misma.

C. Diámetro de panoja(cm)

Esta característica se tomó en cuenta en la madurez de cosecha, para lo cual se midió la parte más ancha de la panoja.

D. Diámetro de tallo (mm)

Se evaluó en el momento de la cosecha, para esta característica productiva se midió de la parte media del tallo con la ayuda de un vernier digital.

E. Peso de panoja (g)

Se evaluó en la cosecha a las panojas seleccionadas con la ayuda de una balanza analítica de precisión.

F. Peso de grano/panoja (g)

Se evaluó en la cosecha, pesando los granos de las panojas seleccionadas con la ayuda de una balanza analítica de precisión.

G. Peso de mil semillas(g)

Se tomó el peso de 100 granos, de las panojas seleccionadas con la ayuda de una balanza analítica de precisión.

H. Porcentaje de segregación (%)

Se evaluó en el momento de la cosecha, seleccionando los contrastes de los granos diferentes al color típico de la variedad (marón, blancos y cremas).

I. Rendimiento (kg/ha)

Se registró el peso de grano trillado, esta medida se expresó en kg/ha. El rendimiento se determinó cosechando las panojas de los surcos centrales de cada tratamiento, descartando los dos surcos de los extremos de cada parcela por efecto borde.

2.1.24. Evaluación del sistema de riego por goteo

A. Evaluación del coeficiente de uniformidad (CU)

Una vez realizada el recorrido de las subunidades, se procedía a la evaluación del caudal erogado por diferentes goteros con el objetivo de calcular los coeficientes de uniformidad de riego, siguiendo la metodología de Merriam - Keller. En la subunidad de riego se efectuaron mediciones de caudales por operación. Para establecer los puntos de medición, cada unidad de riego fue subdividida en cuatro subáreas imaginarias con igual cantidad de laterales de riego (inicio, 1/4, 2/4 y final). En cada subárea se seleccionó tres laterales y se tomó cuatro lecturas del caudal erogado haciendo un total de 48 goteros por subunidad de riego durante 15 minutos.

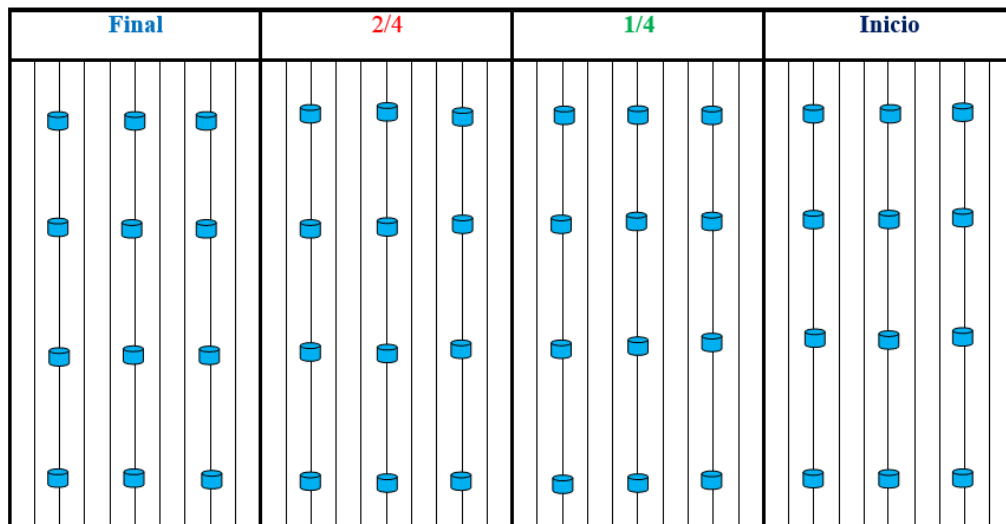


Figura 2.5. Croquis de la evaluación del CU

Fuente: Elaboración propio

B. Evaluación del bulbo húmedo

Una vez realizado el CU, Se evaluó el diámetro mojado con la lámina de riego, esta actividad se realizó en el primer riego, con el objetivo de verificar el perfil del bulbo húmedo para las condiciones de Canaán con un caudal de aforo promedio del emisor de 0.0725 l/h, y el tiempo de aplicación para tener en cuenta el tiempo de riego. Para esta actividad se evaluaron seis laterales de riego ubicados en cuatro bloques, con 6 repeticiones cada tratamiento; los tratamientos constaron de aplicar un caudal promedio (0.0725 l/h) con diferentes tiempos de aplicación (0.5 h, 1.0 h, 1.5 h, 2.0 h y 2,5 h) respectivamente como se muestra en el croquis.

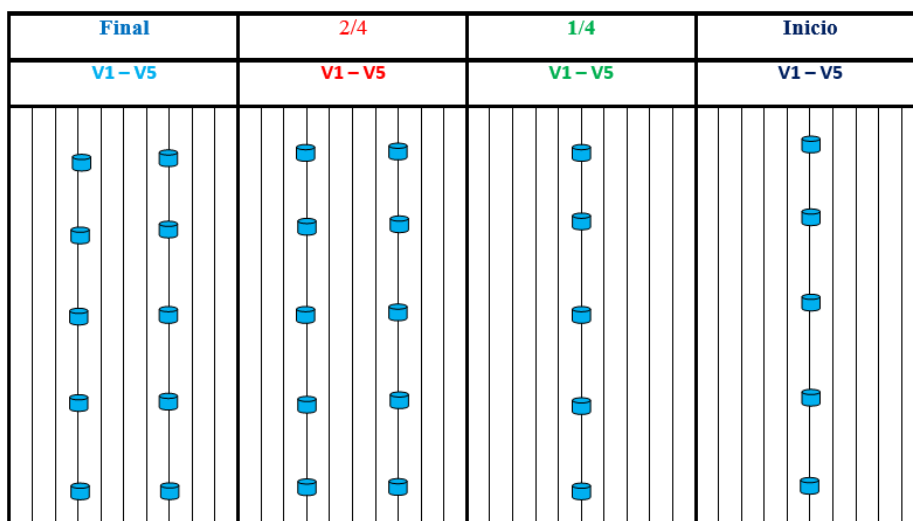


Figura 2.6. Croquis de la evaluación del perfil de humedecimiento del bulbo húmedo.

Fuente: Elaboración propio

Descripción de los tratamientos en estudio:

Q (l/h)	t=h	tratamiento
Q=0.725	t1=0.5	1Qt1=V1
	t2=1.0	1Qt2=V2
	t3=1.5	1Qt3=V3
	t4=2.0	1Qt4=V4
	t5=2.5	1Qt5=V5

En vista a que los emisores estuvieron dispuestos a 20 cm y con ello generarnos una traslape en el menor tiempo posible, por ello, se realizó el aforo de un gotero para evitar el humedecimiento en lugar de estudio; de tal manera que el gotero en estudio estuvieron a una distancia de 40 cm y así realizar la evaluación en un tiempo de prolongado de 2.5 h.



Figura 2.7. Disposición de los goteros en el momento de la evaluación

Fuente: Elaboración propio

Para recabar la información del perfil de humedad, se realizó un corte al suelo (calicata) con una pala, en sentido transversal a la dirección del sentido de los laterales. La profundidad de aproximadamente de 30 cm. fue lo suficiente para observar la forma y dimensionamiento del bulbo. Las dimensiones longitudinales se midieron con wincha y con una regla cada 3 cm de profundidad y para el registro de datos se ha tenido en cuenta el desplazamiento vertical y horizontal del frente de humedad, considerando los datos de profundidad en la ordenada (Y) y el desplazamiento horizontal (radio).



Figura 2.8. Medición del perfil de humedad del bulbo húmedo.

Fuente: Elaboración propio

CAPÍTULO III

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. PLANIFICACIÓN DEL SISTEMA DE RIEGO

La planificación de riego es un plan general organizado que permita alcanzar los objetivos planteados. Requiere un conocimiento pleno de los factores que influyen, uso adecuado de los recursos naturales e información confiable y la relación del clima, suelo, agua, cultivo, superficie y sistema de riego.

Con el diseño agronómico se logra obtener los parámetros de riego como: Uso consuntivo, necesidades riego neta, tiempo de riego, intervalo de riego; con la finalidad de cuantificar la dotación y frecuencia de riego a utilizar. El diseño hidráulico determina el dimensionamiento de los componentes del sistema de riego como: las tuberías, la presión de operación, los caudales a distribuir, la cuantificación de éstas; con el fin de lograr la operación y mantenimiento de las instalaciones mediante un estudio adecuado. Estos datos nos permitirán responder a las preguntas: Cómo, cuánto y cuándo regar.

Tabla 3.1. Cédula, área y calendario del cultivo

N°	Cultivo	Área del cultivo (ha)	Meses											
			Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Oct	Nov	Dic
1	Quinoa negra	0.0942					0.094	0.094	0.094	0.094	0.094	0.094		
Total		0.0942					0.094	0.094	0.094	0.094	0.094	0.094		

Tabla 3.2. Resumen de la cédula de cultivo

		Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
	N° de días/mes	31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31
Penman (mm/mes)	ETo (mm/día)	3.83	3.64	3.50	3.75	3.49	3.15	3.36	3.94	4.52	4.72	4.94	4.28
	ETo (mm/mes)	118.66	101.80	108.48	112.47	108.26	94.59	104.02	122.20	135.52	146.38	148.14	132.65
	Pp75%	77.40	101.74	70.60	18.35	13.05	0.00	0.85	2.38	23.18	25.55	41.98	77.85
	PP efectiva (mm/mes)	64.618	80.881	59.042	12.683	7.648	0.000	0.000	0.000	17.266	19.523	34.528	64.987

Fuente: Elaboración propia

3.1.1. Determinación del régimen de riego de los cultivos

A. Estudio climático

A.1. Temperatura

La temperatura es uno de los factores más importantes del clima como tal su estudio está dirigido a conocer las distintas modalidades de su distribución y variaciones que tiene gran influencia sobre los cultivos, en tal razón es importante el estudio de su variación durante el año; además es importante porque es un dato importante para el cálculo de la evapotranspiración potencial (ET_o).

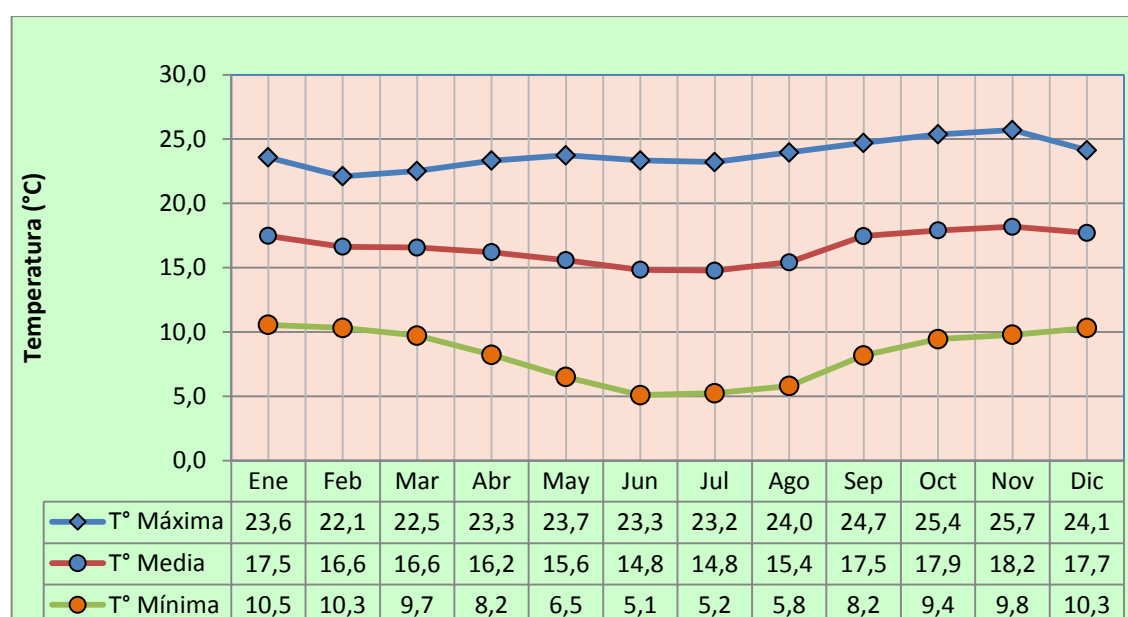


Figura 3.1. Variación de la temperatura - estación INIA

Fuente: elaboración propia

De acuerdo a la figura anterior se puede observar una temperatura máxima en el mes de noviembre con 25.7°C y temperatura mínima de 5.1°C en el mes de junio; la amplitud térmica de 20.6 °C que es la diferencia del mes más cálido y el mes más frío.

A.2. Humedad relativa (%)

Las variaciones de humedad relativa están determinadas en gran medida por las variaciones termo – pluviométricas. De acuerdo al dato procesado, podemos observar que la humedad presenta moderadas variaciones durante el año.

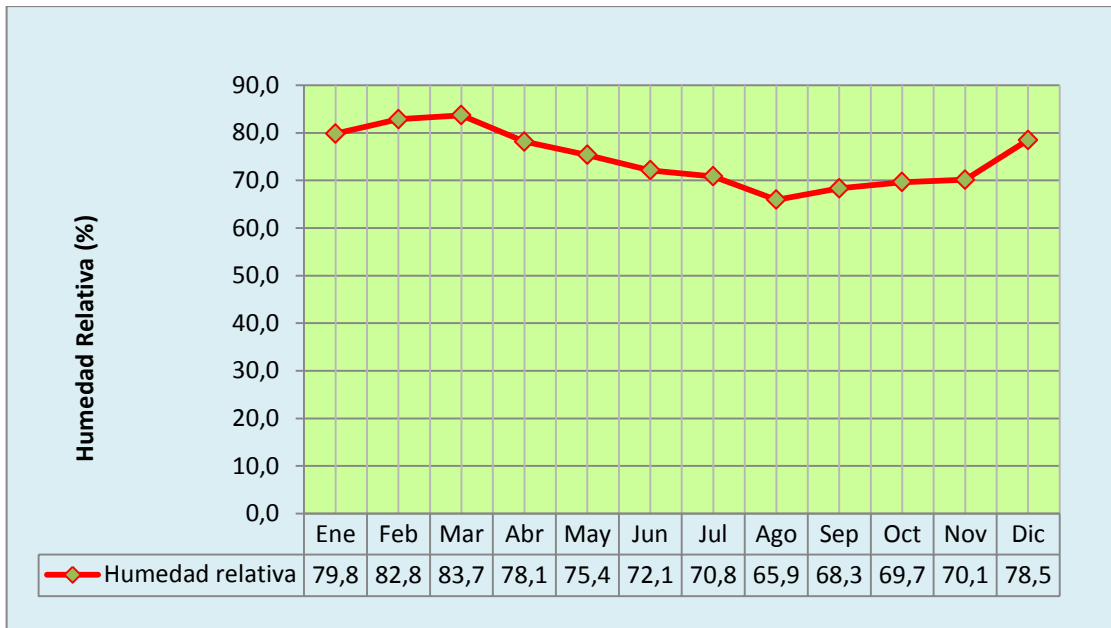


Figura 3.2 Variación de la humedad relativa - estación INIA

Fuente: Elaboración propia

Los datos de la Estación meteorológica del INIA reportan una humedad relativa mayor de 83.7 % en el mes de marzo y una mínima de 65.9 % en el mes de agosto, con una variación de 17.8%.

A.3. Velocidad del viento (m/s)

Teniendo en cuenta los registros de la estación, se observa vientos extremos y mínimos.

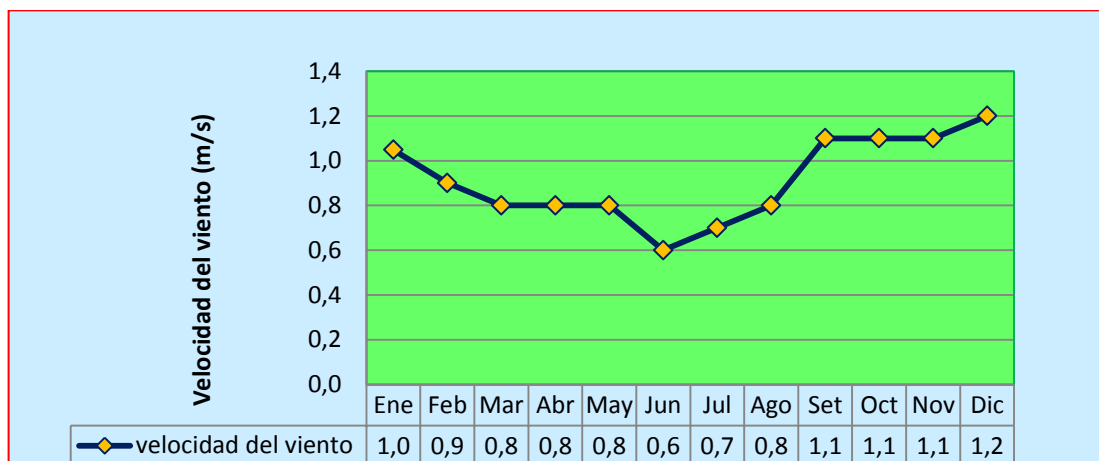


Figura 3.3. Variación de la velocidad de viento - estación INIA

Fuente: Elaboración propia

La variación de la velocidad del viento es como sigue: velocidad máxima en el mes de diciembre con 1.2 m/s, y mínima en el mes de junio con 0.6 m/s.

A.4. Precipitación (mm/mes)

En la identificación del clima de un lugar es fundamental el conocimiento de la precipitación, por tal razón, su estudio, se ha llevado a cabo mediante la determinación de sus variaciones en función de los factores que lo modifican; permitiendo conocer de esta manera, la influencia que ejerce sobre el desarrollo vegetativo.

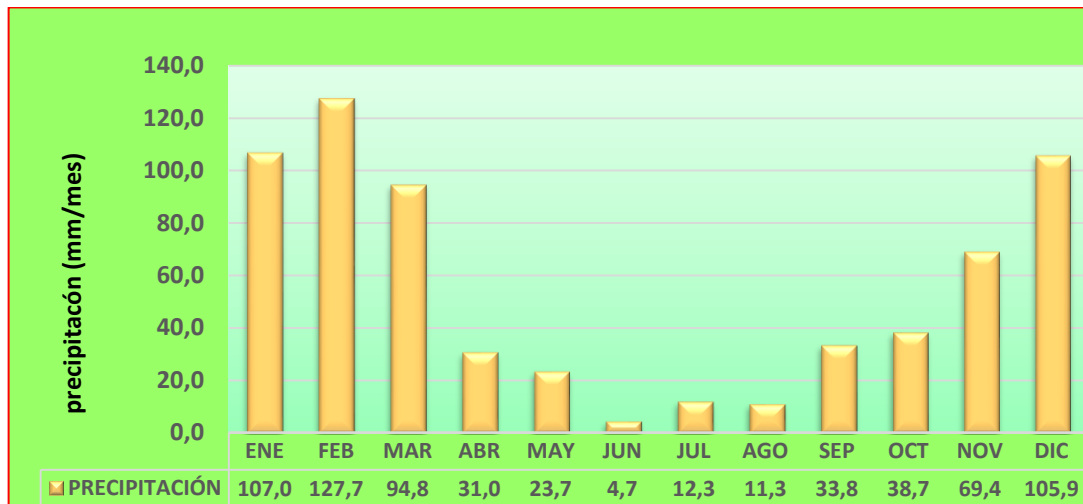


Figura 3.4. Variación de la precipitación – INIA

Fuente: Elaboración propia

La variación de la precipitación es muy importante porque influye directamente en el desarrollo fisiológico y dosis de riego de los cultivos, resultando una precipitación máxima de 116.9 mm/mes, en el mes de febrero y una precipitación mínima de “0” mm/mes, en el mes de junio.

Tabla 3.3. Datos de precipitación mensual – Estación meteorológica del INIA

Estación	: INIA											Altitud	: 2735 m.s.n.m.
Longitud	: 74° 21' 7" O											Latitud	: 13° 23' 0" S
AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	
2000	126.0	174.2	91.5	8.0	20.3	10.8	55.8	12.7	6.2	66.0	22.1	79.2	
2001	161.9	101.3	86.5	23.0	18.4	10.1	23.7	10.9	36.7	18.5	101.9	70.0	
2002	133.8	141.4	101.0	26.4	15.1	8.9	25.8	19.3	57.7	22.5	49.7	101.4	
2003	75.0	164.9	121.5	77.5	116.4	0.0	0.0	32.1	27.0	11.6	39.4	99.0	
2004	46.8	114.6	83.7	22.8	40.1	10.7	31.4	11.8	57.3	41.6	77.0	143.1	
2005	15.2	119.2	131.4	7.0	16.8	3.0	2.4	3.2	53.9	43.6	90.8	130.0	
2006	143.9	144.0	126.6	26.9	7.3	0.0	1.3	9.6	54.4	38.3	145.8	63.0	
2007	79.8	92.4	104.1	7.9	30.7	0.0	0.0	3.7	29.9	39.5	109.0	122.4	
2008	98.1	79.6	58.6	29.5	11.5	8.8	0.0	0.0	39.1	25.0	37.7	77.4	
2009	137.2	126.2	60.1	46.4	12.0	0.0	7.6	1.8	8.1	39.9	88.7	152.5	
2010	155.2	101.7	70.6	27.4	15.5	0.0	0.7	15.6	21.9	66.7	27.4	103.7	
2011	124.8	191.6	134.3	46.6	14.1	0.3	12.0	0.9	37.0	49.3	67.3	61.0	
2012	53.1	153.9	110.7	74.3	2.4	10.7	2.4	2.1	28.7	27.2	54.7	152.7	
2013	99.4	108.8	70.6	13.9	19.3	2.8	8.4	34.5	14.9	51.7	60.1	127.7	
2014	155.2	101.7	70.6	27.4	15.5	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	
Máximo	161.90	191.60	134.30	77.50	116.40	10.80	55.80	34.50	57.68	66.70	145.80	152.70	
Mínimo	15.20	79.60	58.60	7.00	2.40	0.00	0.00	0.00	6.20	11.60	22.10	61.00	
Promedio	107.03	127.71	94.79	31.00	23.69	4.72	12.25	11.30	33.77	38.67	69.40	105.93	
Desviación Estándar	44.87	32.71	26.02	21.79	27.16	4.88	16.44	11.07	17.55	16.57	35.03	32.60	
Variación	2013.39	1069.78	676.87	474.72	737.63	23.78	270.16	122.52	308.16	274.63	1226.99	1062.86	
Persistencia 25	140.55	148.95	116.10	37.95	19.80	9.80	20.78	14.88	50.20	47.88	90.28	129.43	
Persistencia 50	124.80	119.20	91.50	26.90	15.50	2.90	5.00	10.25	33.30	39.70	63.70	102.53	
Persistencia 75	77.40	101.74	70.60	18.35	13.05	0.00	0.85	2.38	23.18	25.55	41.98	77.85	
Persistencia 95	37.32	88.56	59.65	7.63	5.83	0.00	0.00	0.59	7.44	16.09	25.55	62.30	

Fuente: Elaboración propia

B. Características físicas del suelo

B.1. Análisis químico de suelo

En este proceso se tomó las muestras de suelos de 10 cm de profundidad, en diferentes puntos del área experimental, remitiéndose 1.5 kg de muestra al laboratorio de “MULTISERVICIOS AGROLAB”, la cual nos reportó los resultados de caracterización y físico para el tema de riego.

Tabla 3.4. Reporte del análisis de caracterización del centro experimental Canaán, 2015.

Determinación	Valor	Unidad	Interpretación
pH	8.11	-	moderadamente alcalino
C.E	0.015	dS.m ⁻¹	bajo
CO ₃ ⁼	1.87	%	medio
Nt	0.15	%	medio
MO	3.57	%	medio
P	36.7	ppm	muy alto
K	213	ppm	medio
CIC	19.12	-	medio
Análisis mecánico			
Arena	40	%	
Limo	17	%	Clase textural: franco
Arcilla	43	%	
Cationes cambiables			
Ca ⁺⁺	12.39		alto
Mg ⁺⁺	5.92		alto
K ⁺	0.66		alto
Na ⁺	0.15	Cmol (+). K ⁻¹	bajo
Al ⁺³ + H ⁺	0.0		-
% sat. De bases	100	-	-

Fuente: Multiservicios AGROLAB.

Los resultados del análisis indican que el suelo presenta una textura franco, lo cual tipifica a este suelo con una moderada capacidad de retención de humedad y una escasa aeración. Presenta una reacción moderadamente alcalina, con un contenido medio de calcáreo.

De acuerdo a la conductividad eléctrica clasificamos este suelo con bajo contenido de sales. El porcentaje de materia orgánica es medio, por tanto, la cantidad de nitrógeno en el suelo también será media. Así mismo para el fósforo y potasio el suelo presenta valores muy altos y medio (Ibáñez y Aguirre, 1983).

La CIC muestra una fertilidad potencial medio del suelo. Respecto a los cationes cambiabiles, el calcio, magnesio y potasio predominan saturando el complejo de cambio. Esta característica establece relaciones catiónicas Ca/Mg de 2.09 (deficiencia de Ca), Ca/K de 18.77 (deficiencia de K) y Mg/K de 8.97 (deficiencia de K).

B.2. Análisis físico de suelo

En el tabla 3.6, se observa las condiciones físicas de campo, estos datos son requeridos para la determinación del régimen de riego del cultivo de la quinua Negra es decir: lamina de riego, dosis bruta e intervalo de riego, se requieren datos iniciales sobre el clima, cultivo, el suelo, la parcela, la fuente de agua y el sistema de riego

Tabla 3.5. Reporte del análisis físico suelo del centro experimental Canaán, 2015.

Capacidad de campo (%)	27.51
Punto de marchites (%)	14.94
Densidad aparente (g.cc ⁻¹)	1.19
Arena (%)	40
Limo (%)	17
Arcilla (%)	43
Clase textural	Franco

Fuente: Multiservicios AGROLAB.

B.3. Análisis de agua

El análisis de agua tabla 3.7, muestra que el agua de riego es de salinidad baja (C1). El RAS es muy bajo, lo que indica que no tiene problemas de alcalinidad (S1*). Además, se observa que no hay predominio de los cationes y se puede constatar que la suma solo asciende a 1.06 (meq/l), del mismo modo se observar para el caso de los aniones, por tanto el agua de Canaán es apto para el riego en todos los casos.

Tabla 3.6. Reporte del análisis de agua para riego del centro experimental Canaán, 2015.

pH	7.07
C.E (uS/cm)	89
Cationes (meq/l)	
Calcio	0.50
Magnesio	0.22
Potasio	0.06
Sodio	0.28
SUMA DE CATIONES	1.06
Aniones (meq/l)	
Nitratos	0.00
Carbonatos	0.00
Bicarbonatos	0.71
Sulfatos	0.03
Cloruros	0.28
SUMA DE ANIONES	1.00
Na (%)	26.41
RAS	0.48
Sales solubles totales(ppm)	56.95
clasificación	C1 – S1

Fuente: Multiservicios AGROLAB.

B.4. Velocidad de infiltración

El suelo juega un papel muy importante en el desarrollo de los cultivos. Según el anexo 1 hace referencia de la clase textural de los suelos de Canaán es arcilloso, la clase textural determina la capacidad de retención del agua de riego, cantidad a aplicarse y la frecuencia de aplicación.

Tabla 3.7. Resultados de la prueba de infiltración básica

Muestra N°	Clase textural	b	a	r ²	Función	Ib (mm/h)
1	Arcilloso	-0.5966	101.6293	0.9357	a (-100) ^b	7.70

Fuente: Elaboración propia

C. Coeficiente de los cultivos (Kc)

Para una mejor planificación, tiene mucha importancia conocer las características agronómicas de los cultivos que se plantean, como las fases, duración del período vegetativo, el coeficiente de cultivo (**Kc**) que determina el grado de consumo de agua por la planta.

De la curva ajustada de **Kc** trazada seguido por el método propuesto por la FAO, se obtuvo los valores mensuales de dicho factor en el cultivo de quinua negra que se ven a continuación en la siguiente tabla 3.9.

Determinación de la curva Kc

1° Duración de fase

Inicia : 40 días

Mediado del cultivo : 44 días

Desarrollo del cultivo: 53 días

Finales del cultivo : 21 días

Tabla 3.8. Resumen de Kc

Días	Kc
0	0.40
40	0.40
84	1.00
137	1.00
158	0.50

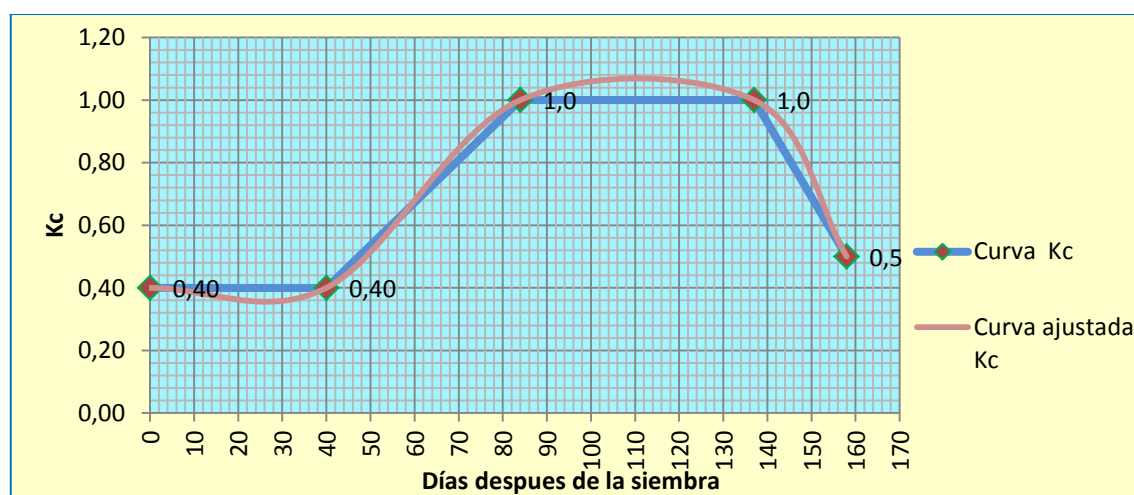


Figura 3.5. Curva kc del cultivo

Fuente: Elaboración propia

Tabla 3.9. Coeficiente de cultivo (Kc)

Cultivo	MSES											
	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Quinoa negra												
Kc					0.40	0.48	0.90	1.00	0.92	0.50		

D. Evapotranspiración del cultivo de referencia o potencial (ETo)

En la tabla 3.11 se observa los resultados del cálculo de la (ETo) se realizó por el método de Penman (modificado por la FAO), por ser el método más recomendado en nuestra zona de sierra.

Podemos observar la variación del ETo en los diferentes meses del año, como valor máximo en el mes de noviembre con 4.94 mm/día y mínimo en el mes de junio con 3.15 mm/día, además En el cuadro de resumen se puede observar que el mes de agosto tiene una ETo de 3.94 (mm/día), este dato se tomó en cuenta para el diseño agronómico debido a que la demanda bruta hídrica de mayor consumo por el cultivo de quinoa negra es en el mes de agosto.

Tabla 3.10. Determinación de la evapotranspiración potencial (ET_o) - estación meteorológica de INIA. Método Penman (modificado por la FAO)

Meses	N° días del Mes	Temperatura media (°C)	Nubosidad (Octas)	n/N	Ra (mm/día)	Rs (mm/día)	Rns (mm/día)	ea (mbar)	HR	ed (mbar)	f(t)	f(ed)	f(n/N)	Rnl (mm/día)	u		Rn	W	C	Eto	
									Media (°C)						(km/día)	f(u)				(mm/d día)	(mm/me s)
Enero	31	17	6.0	0.30	16.67	6.67	5.00	19.40	80	15.48	14.00	0.17	0.37	0.86	90.57	0.50	4.14	0.70	1.10	3.83	118.66
Febrero	28	17	6.3	0.30	16.37	6.55	4.91	19.40	83	16.07	14.00	0.16	0.37	0.85	76.37	0.46	4.06	0.70	1.10	3.64	101.80
Marzo	31	17	5.8	0.35	15.33	6.52	4.89	19.40	84	16.24	14.00	0.16	0.42	0.95	69.72	0.45	3.94	0.70	1.10	3.50	108.48
Abril	30	16	3.9	0.60	13.79	7.59	5.69	18.20	78	14.22	13.80	0.17	0.64	1.54	67.93	0.44	4.15	0.69	1.10	3.75	112.47
Mayo	31	16	2.7	0.70	12.22	7.33	5.50	18.20	75	13.72	13.80	0.18	0.73	1.78	67.23	0.44	3.72	0.69	1.10	3.49	108.26
Junio	30	15	2.2	0.75	11.32	7.08	5.31	17.00	72	12.26	13.65	0.19	0.78	1.97	50.61	0.40	3.34	0.68	1.10	3.15	94.59
Julio	31	15	2.3	0.75	11.72	7.33	5.50	17.00	71	12.04	13.65	0.19	0.78	1.98	60.20	0.42	3.51	0.68	1.10	3.36	104.02
Agosto	31	15	2.5	0.75	12.99	8.12	6.09	17.00	66	11.21	13.65	0.19	0.78	2.04	72.07	0.45	4.05	0.68	1.10	3.94	122.20
Setiembre	30	17	3.2	0.65	14.56	8.37	6.28	19.40	68	13.26	14.00	0.18	0.69	1.72	90.82	0.50	4.56	0.70	1.10	4.52	135.52
Octubre	31	18	4.1	0.55	15.80	8.30	6.22	20.60	70	14.35	14.20	0.17	0.60	1.46	93.54	0.50	4.76	0.71	1.10	4.72	146.38
Noviembre	30	18	4.3	0.55	16.47	8.65	6.48	20.60	70	14.45	14.20	0.17	0.60	1.46	98.16	0.52	5.03	0.71	1.10	4.94	148.14
Diciembre	31	18	5.5	0.40	16.57	7.46	5.59	20.60	79	16.17	14.20	0.16	0.46	1.07	102.01	0.53	4.53	0.71	1.10	4.28	132.65

Fuente: Elaboración propia

A. Demanda hídrica por unidad de riego

De la tabla 3.12 se deduce que en el mes de agosto tiene mayor demanda de riego bruto de 1353.99 m³/mes/ha, el mes donde se requiere menor riego bruto es mayo con 395.06 m³/ha, en el módulo de riego; el mayor demanda de riego bruto en el mes de agosto con 127.55 m³/mes y el menor en el mes de mayo con m³/mes; debido que la planta está en la primera fase de su desarrollo, las precipitaciones descienden a 37.22 mm/mes en el mes de mayo y a su vez el coeficiente del cultivo es la más baja.

Tabla 3.11. Demanda de agua en el cultivo

Especie	cultivo principal periodo vegetativo											
	Enero 31	Febrero 28	Marzo 31	Abril 30	Mayo 31	Junio 30	Julio 31	Agosto 31	Septiembre 30	Octubre 31	Noviembre 30	Diciembre 31
Quinoa negra (Has)					0.0942	0.0942	0.0942	0.0942	0.0942	0.09		
Kc					0.40	0.65	1.00	1.00	0.60	0.50		
Eto mm/mes					108.26	94.59	104.02	122.20	135.52	146.38		
Etcmm/mes					43.30	61.49	104.02	122.20	81.31	73.19		
Etcmm/día					1.40	2.05	3.36	3.94	2.71	2.36		
P75% (mm/mes)					13.05	0.00	0.85	2.38	23.18	25.55		
PE (mm/mes)					7.65	0.00	0.00	0.00	17.27	19.52		
NRn (mm/mes)					35.65	61.49	104.02	122.20	64.05	53.67		
Er %					0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90		
NRb (mm/mes)					39.51	68.13	115.25	135.40	70.96	59.46		
Demanda de agua l/S					0.01	0.02	0.04	0.05	0.03	0.02		
Módulo De Riego l/s/ha (las 24 h)					0.15	0.26	0.43	0.51	0.27	0.22		
	24				0.15	0.26	0.43	0.51	0.27	0.22		
	16				0.22	0.39	0.65	0.76	0.41	0.33		
	14				0.25	0.45	0.74	0.87	0.47	0.38		
	12				0.30	0.53	0.86	1.01	0.55	0.44		
Módulo De Riego l/s/ha	10				0.35	0.63	1.03	1.21	0.66	0.53		
	8				0.44	0.79	1.29	1.52	0.82	0.67		
	6				0.59	1.05	1.72	2.02	1.10	0.89		
	2.5				1.42	2.52	4.13	4.85	2.63	2.13		
Demanda de agua bruta m3/mes/ha					395.06	681.28	1152.55	1353.99	709.64	594.64		4,887.16
Demanda de agua bruta m3/mes					37.22	64.18	108.57	127.55	66.85	56.01		460.37
Caudal de Diseño total en 2.5 horas (l/s)	2.5				0.13	0.24	0.39	0.46	0.25	0.20		

Fuente: Elaboración propia

3.1.2. Diseño agronómico e hidráulico del sistema de riego por goteo

A. Cálculos agronómicos

Se determinan las variables agronómicas que involucran a este sistema tales como:

A.1. Datos de entrada

1. Datos de la parcela

- Área total de riego : $1884 \text{ m}^2 = 0.188 \text{ ha}$
- Área de subunidad : $492 \text{ m}^2 = 0.0942 \text{ ha}$
- Longitud de surco : 62.0 m
- Espaciamiento entre laterales : 0.40 m (con fines de cálculo)
- Espaciamiento entre goteros : $S_p=0.2 \text{ m}$
- Pendiente del terreno : $(S) = 0.5 \%$

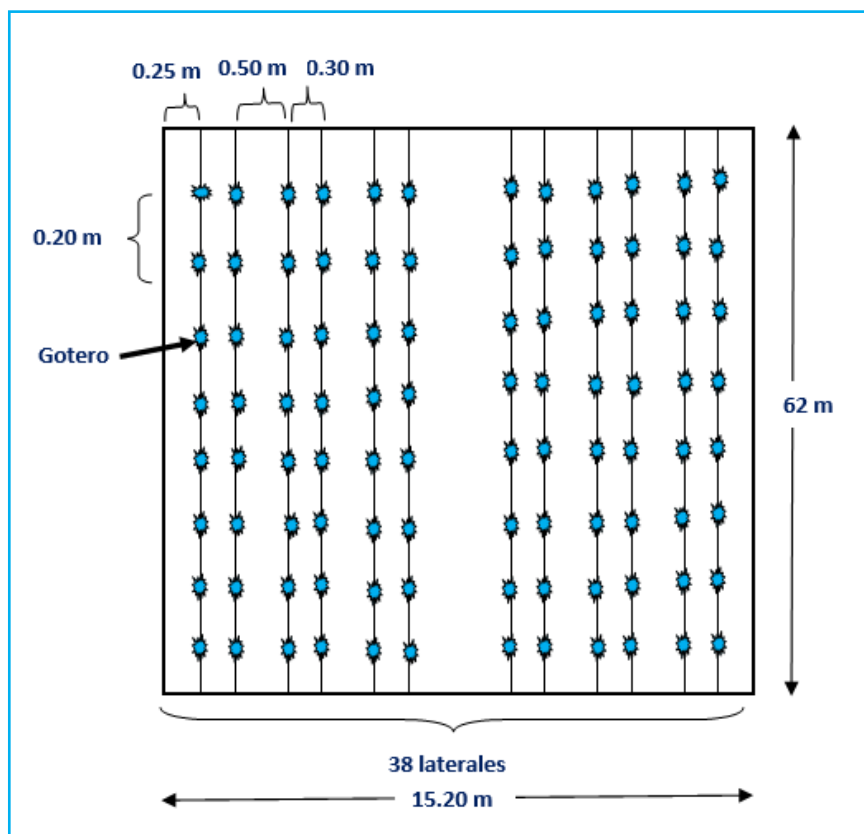


Figura: 3.6. Disposición de los laterales de riego del campo experimental

Fuente: Elaboración propio

2. Datos de cultivo

- K_c : 1.0
- Profundidad radicular : 0.15 m

3. Datos de gotero

- Tipo de gotero : EURODRIP clase 8000
- Caudal Nominal (q_a) : 0.8 l/h
- Presión nominal (h_a) : 5 m = 0.5 atm
- Ecuación del gotero : $q = k * h^x$: X= 0.4; K= 0.3
- Ecuación del gotero : $q = 0.3 * h^{0.4}$
- Eficiencia de riego : 86 %
- Coeficiente de uniformidad (CU) : 90 %
- Coeficiente de variabilidad (CV) : 5 %
- Número de goteros por planta : 0.75
- $E_{To} = 3.94$ (Se eligió este dato por ser el mayor del ciclo vegetativo)

4. Datos del suelo

- Textura : Franco arcilloso
- Contenido de humedad o capacidad de campo (C_c) : 27.51 %
- Contenido de humedad o punto de marchitez (PMP) : 14.94 %
- Densidad del suelo (D_s) : 1.17 %
- Fracción de agotamiento (% HD) : 40 %
- Velocidad de infiltración básica (I_b) : 7.70 mm/h

5. Datos del cultivo

- Cultivo : Quinoa negra
- KC : 1.00
- Profundidad de raíz del cultivo : $P_r = 0.12$ m

A.2. Agua disponible en el suelo

1. Lámina de agua disponible a la profundidad radicular efectiva del cultivo (LD_{zr})

$$LD_{zr}(\text{mm}/zr) = (H_{Cc} - H_{Pm}) \times \left(\frac{P_{ea}}{P_{ew}} \right) \times z_r \times 10$$

$$LD_{zr} = (27.51 - 14.94) * \left(\frac{1.43}{1} \right) * 0.20 * 10 = 35.95 \text{ mm}/zr$$

2. Volumen de agua disponible a la profundidad radicular efectiva (VDzr)

$$VDzr (m^3/Ha/zr) = LDzr (mm/zr) * 10$$

$$VDzr = 35.95 * 10 = 359.50 m^3/Ha/zr$$

3. Lamina de agua aprovechable a la profundidad radicular efectiva (LAzr)

$$LAzr \text{ mm/zr} = \frac{LDzr (mm/zr) * Pa (\%)}{100}$$

$$LAzr = \frac{35.95 * 50}{100} = 17.97 \text{ mm/zr}$$

4. Diametro humedecido por el gotero (d)

$$d(m) = \left[\frac{qe (l/h)}{0.785 * I (mm/h)} \right]^{1/2}$$

$$d = \left(\frac{0.8}{0.785 * 15} \right)^{1/2} = 0.26$$

$$d(m) = 0.26 \text{ m}$$

5. Porcentaje del area bajo riego (Par)

$$Par (\%) = \frac{100 * 0.785 * d^2 (m)^2}{de (m) * dl (m)} * \frac{\alpha}{360^\circ}$$

$$Par = \frac{100 * 0.785 * 0.26^2}{0.2 * 0.4} * \frac{360}{360} = 66 \%$$

6. Comparación entre el porcentaje calculado del area bajo riego, par, con los porcentajes del area máximo mínimo (MxAR, MiAR)

$$Par(\%) \leq MxAR (\%)$$

$$66 \leq 70$$

$$Par(\%) \geq MiAR (\%)$$

$$66 \geq 30 \text{ aceptado}$$

7. Precipitación horaria del sistema de riego (Phr)

$$Phr (mm/h) = \frac{qe (l/h) * 100}{de (m) * dl (m) * Par (\%)}$$

$$Phr = \frac{0.8 * 100}{0.2 * 0.4 * 66} = 15 \text{ mm/h}$$

8. Comparación de la precipitación del sistema de riego con la velocidad de infiltración del suelo

$$Phr \text{ (mm/h)} \leq I \text{ (mm/h)}$$

$$15 \leq 15 \text{ Acepta}$$

9. Uso consuntivo – ETc calculado por el método de penman (modificado por la FAO)

$$ETc \text{ (mm/día)} = ETo \text{ (mm/día)} * Kc$$

$$ETc = 3.94 * 1.00 = 3.94 \text{ (mm/día)}$$

10. Intervalo de riego – Ir

$$Ir \text{ (días)} = \frac{LAzr \text{ (mm)} * Par \text{ (\%)}}{ETc \text{ (mm/día)} * 100}$$

$$Ir = \frac{17.97 * 66}{3.94 * 100} = 3.01 \text{ (días)}$$

11. Intervalo de riego ajustado – Ir(aj)

$$Ir \text{ práctico (días)} = \text{INTEGRO [Ir (días)]}$$

$$Ir \text{ práctico (aj)} = 3 \text{ (días)}$$

12. Ciclo de riego – CR

$$CR \text{ (días)} = Ir \text{ (aj)} - dp \text{ (días)}$$

$$CR = 3 - 2 = 1 \text{ (días)}$$

13. Lámina de riego ajustada – LR(aj)

$$LR(aj) \text{ (mm)} = \frac{Ir(aj) \text{ (días)} * ETc \text{ (mm/día)} * 100}{Par \text{ (\%)}}$$

$$LR(aj) = \frac{3 * 3.94 * 100}{66} = 17.91 \text{ mm}$$

14. Comparación de la lámina ajustada con la máxima lámina disponible

$$LR(aj) \text{ (mm)} \leq LAzr \text{ (mm)}$$

$$17.91 \leq 17.97 \text{ Acepta}$$

15. Porcentaje de agua aprovechada, ajustado – Pa(aj)

$$Pa (aj)(\%) = \frac{LR(aj)(mm) * 100}{LDzr (mm/zr)}$$

$$Pa (aj) = \frac{17.91 * 100}{35.95} = 50 (\%)$$

16. Comparación del porcentaje de agua aprovechado con el máximo porcentaje de agua aprovechable

$$Pa (aj)(\%) \leq Pa (\%)$$

$$50 \leq 50 \text{ Acepta}$$

17. Lamina bruta – LB

$$LB (mm) = \frac{LR(aj)(mm) * 100}{Ef (\%)}$$

$$LB = \frac{17.91 * 100}{90} = 19.90 (mm)$$

18. Dosis de riego bruta – DB.

$$DB(m^3/ha) = \frac{LB(mm) * Par (\%)}{10}$$

$$DB = \frac{19.90 * 66}{10} = 131.34 (m^3/ha)$$

19. Horas de riego por turno – Ht.

$$Ht (h/turno) = \frac{LB (mm)}{Phr (mm/h)}$$

$$Ht = \frac{19.90}{15} = 1.33 (h/turno)$$

20. Máximo número de turnos de riegos diarios – Td.

$$Td(\text{turnos/día}) = \text{INTEGRO} \left[\frac{Hm (h/día)}{Ht (h/turno)} \right]$$

$$Td = \text{INTEGRO} \left(\frac{1.7}{1.33} \right)$$

$$Td = 1.3 = 1(\text{turno /día})$$

21. Horas de riego por día – Hd

$$Hd \text{ (h/día)} = Td \text{ (turnos/día)} * Ht \text{ (h/turno)}$$

$$Hd = 1 * 1.7 = 1.7 \text{ (h/día)}$$

22. Horas de riego por ciclo – Hc

$$Hc \text{ (h/ciclo)} = CR \text{ (días/ciclo)} * Hd \text{ (h/día)}$$

$$Hc = 1 * 1.7 = 1.7 \text{ (h/ciclo)}$$

23. Número de turnos por ciclo – Tc

$$Tc \text{ (turno /ciclo)} = CR \text{ (días /ciclo)} * Td \text{ (turno/día)}$$

$$Tc = 1 * 1 = 1 \text{ (turno/ciclo)}$$

24. Superficie bajo riego, por turno – St.

$$St \text{ (ha/turno)} = \frac{Sr \text{ (ha/turno)}}{Tc \text{ (turnos/ciclo)}}$$

$$St = \frac{0.0942}{1} = 0.0942 \text{ (ha/turno)}$$

25. Dosis de riego bruta por turno – DBt.

$$DBt \text{ (m}^3\text{/turno)} = St \text{ (ha/turno)} * DB \text{ (m}^3\text{/ha)}$$

$$DBt = 0.0942 * 131.34 = 12.37 \text{ (m}^3\text{/turno)}$$

26. Caudal requerido – Qr.

$$Qr \text{ (m}^3\text{/h)} = \frac{DBt \text{ (m}^3\text{/turno)}}{Ht \text{ (h/turno)}}$$

$$Qr = \frac{12.37}{1.33} = 9.30 \text{ (m}^3\text{/h)}$$

Este resultado de 9.30 (m³/h) es el caudal requerido para el riego de la parcela por un tiempo de una hora, este es una referencia que se tiene en cuenta para realizar los cálculos hidráulicos.

27. Comparación con la descarga disponible en el sistema de riego – Qs.

$$Qr \text{ (m}^3\text{/h)} \leq Qs \text{ (m}^3\text{/h)}$$

$$9.30 \leq 9.7 \text{ Aceptado}$$

28. Número de emisores por turno – Emt.

$$E_{mt} \text{ (e/turno)} = \frac{Q_r \text{ (m}^3\text{/h)} * 1000}{q_e \text{ (l/h)}}$$

$$E_{mt} = \frac{9.30 * 1000}{0.8} = 11625 \text{ (e/turno)}$$

29. Volumen bruto por ciclo de riego – VBc.

$$VB_c \text{ (m}^3\text{/ciclo)} = DB_t \text{ (dosis bruta/turno)} * T_c \text{ (turnos/ciclo)}$$

$$VB_c = 12.37 * 1 = 12.37 \text{ (m}^3\text{/ciclo)}$$

30. Caudal específico – Qe.

$$Q_e \text{ (m}^3\text{/ha/h)} = \frac{Q_r \text{ (m}^3\text{/h)}}{A \text{ (ha)}}$$

$$Q_e = \frac{9.30}{0.0942} = 98.73 \text{ (m}^3\text{/ha/h)}$$

El caudal específico de 98.73 m³/ha/h, es un dato promedio utilizado por algunas instituciones responsables por la distribución del agua en los proyectos regionales.

B. Cálculo hidráulico

B.1. Coeficiente de uniformidad (CU) coeficiente de uniformidad (CU)

$$CU = \left(1 - \frac{1.27 * CV}{\sqrt{e}}\right) * \frac{q_{min}}{q_{prom}}$$

e : número de emisores por planta (0.75).

q_{min} : caudal mínimo del gotero.

q_{prom} : Caudal promedio del gotero (0.8 l/h).

CU : Coeficiente de uniformidad (90%).

CV : Coeficiente de variabilidad del gotero (5%).

$$q_{min} = \frac{CU * q_{prom}}{\left(1 - \frac{1.27 * CV}{\sqrt{e}}\right)}$$

$$q_{min} = \frac{0.9 * 0.8}{\left(1 - \frac{1.27 * 0.05}{\sqrt{0.75}}\right)}$$

$$q_{min} = 0.777 \text{ l/h} \approx 0.00021 \text{ l/s}$$

Ecuación del emisor para una cinta de riego.

$$q_{min} = K * H_{min}^x$$

x : Exponente del emisor (0.4).

k : Información del fabricante (0.3).

$$H_{min} = \left(\frac{q_{min}}{k}\right)^{1/x}$$

$$H_{min} = \left(\frac{0.777}{0.3}\right)^{1/0.4}$$

$$H_{min} = 10.79 \text{ m}$$

B.2. Pérdida de carga permisible

$$\Delta H = 2.5 * (h_{prom} - H_{min})$$

$$\Delta H = 2.5 * (5.0 - 10.79)$$

$$\Delta H = -14.5 \text{ m}$$

B.3. Diseño del lateral

Nº de emisores por planta = Long/Esp. Got

Nº de emisores por lateral = 310

Q lateral = (0.8 * 310) = 248 l/h

Q lateral = 0.069 l/s

Q lateral = 0.000069 m³/s

Caudal para cada sub unidad de riego

La parcela se dividirá en 2 subunidades de riego, las cuales se regaran una después de la otra.

1. Subunidad 1

➤ Diámetro de la tubería distribuidora

Numero de laterales de riego: 38

Q subunidad 1 = 9424 l/h (38 * 248)

Q subunidad 1 = 9424 l/h ≈ 0.0026 m³/s

Velocidad permisible: 2 m/s

$$d = \sqrt{\left(\frac{4 * Q}{\pi * V}\right)}$$

$$d = \sqrt{\left(\frac{4 * 0.0026}{\pi * 2}\right)}$$

$$d = 0.040\text{m} \approx 40 \text{ mm}$$

$$d = 1.6 \text{ pulg}$$

Se recomienda una tubería de 1 ½” de diámetro, pero por motivos de economía se optó por una tubería de 1”, que en manguera HDPE tiene un diámetro de 32 mm.

2. Subunidad 2

La subunidad 2 es similar a la subunidad 1, por lo tanto tiene el mismo caudal.

B.1. Cálculo del diámetro de la tubería principal

Q total del sistema = Q subunidad

Q total de sistema = 9424 l/h

Q total de sistema = 0.0026 m³/s

Velocidad permisible (2 m/s), se considera para el diseño.

$$d = \sqrt{\left(\frac{4 * Q}{\pi * V}\right)}$$

$$d = \sqrt{\left(\frac{4 * 0.026}{\pi * 2}\right)}$$

$$d = 0.041 \text{ m}$$

$$d = 41 \text{ mm}$$

$$d = 1.6 \text{ pulg}$$

Se recomendó un diámetro comercial de 2” en HDEP. La red primaria se proyectó para una posible ampliación de las parcelas y abastecimiento a otras zonas.

B.2. Cálculo de presiones

➤ Presión en lateral de riego

Cálculo del coeficiente de fricción según CHRISTIANSEN (F) para tuberías de salidas múltiples.

$$F_{(N)} = \frac{1}{m + 1} + \frac{1}{2N} + \frac{\sqrt{(m - 1)}}{6N^2}$$

Lateral de riego

L : 62

N : 310

B = m : 1.75

$$F_{(310)} = \frac{1}{1.75 + 1} + \frac{1}{2 * 310} + \frac{\sqrt{(1.75 - 1)}}{6 * 310^2}$$

$$F_{(310)} = 0.365$$

➤ Cálculo de la pérdida de carga unitaria (m/m)

$$J = 1.21 * 10^{12} * \left(\frac{Q}{C}\right)^{1.85} * D^{-4.87}$$

Q : caudal del lateral de riego (0.069 l/s).

D : diámetro de la cinta de riego (16.1 mm).

C : 140 para tubería de PE.

$$J = 1.21 * 10^{12} * \left(\frac{0.069}{140}\right)^{1.85} * 16.1^{-4.87}$$

$$J = 1.222 \text{ m}$$

➤ Cálculo de pérdida de carga unitaria incluido el efecto de las conexiones de los emisores (m/m)

$$J' = J * \left(\frac{S_e + f_e}{S_e}\right)$$

S_e : separación entre emisores (0.2 m).

F_e : longitud equivalente de la conexión de un emisor (0.2).

$$J' = 1.222 * \left(\frac{0.2 + 0.2}{0.2}\right)$$

$$J' = 2.44 \text{ m/m}$$

➤ Cálculo de pérdida de carga en el lateral de riego

$$h_f = \left(\frac{J' * F * L}{100}\right)$$

$$h_f = \left(\frac{2.44 * 0.365 * 62}{100}\right)$$

$$h_f = 0.55 \text{ m}$$

$$\Delta h - h_f = -14.5 - 0.55$$

$$\Delta h - h_f = -15.05 \text{ (Aún disponible)}$$

➤ **Cálculo de presión en el lateral de riego**

$$h_m = h_a + 0.75 * h_f$$

h_m : presión en el lateral.

h_a : presión de operación del emisor (dato del fabricante).

h_f : pérdida de carga en el lateral.

$$h_m = 5 + 0.75 * 0.55$$

$$h_m = 5.41 \text{ mca} \approx 0.541 \text{ atm}$$

➤ **Presión en la distribuidora**

Número de laterales de riego: 38

$$H_m = h_m + 0.75 * H_{fm}$$

H_m : presión en la distribuidora.

H_m : Presión en el lateral.

H_{fm} : pérdida de carga en la distribuidora.

➤ **Cálculo de pérdida de carga unitaria (m/m)**

$$J = 1.21 * 10^{12} * \left(\frac{Q}{C}\right)^{1.85} * D^{-4.87}$$

Q tota de la subunidad N° 01 = 2.48 l/s

C : 140 para tubería PE.

D : 1 ¼ ≈ 32 mm.

$$J = 1.21 * 10^{12} * \left(\frac{2.48}{140}\right)^{1.85} * 32^{-4.87}$$

$$J = 32.52$$

➤ **Cálculo de pérdida de carga en la distribuidora**

$$F_{(N)} = \frac{1}{m+1} + \frac{1}{2N} + \frac{\sqrt{(m-1)}}{6N^2}$$

L : 14.40

N : 17.4

B = m : 1.75

$$F_{(17.4)} = \frac{1}{1.75+1} + \frac{1}{2 * 17.4} + \frac{\sqrt{(1.75-1)}}{6(17.4)^2}$$

$$F_{(17.4)} = 0.393$$

$$h_f = \left(\frac{J * F * L}{100} \right)$$

$$h_f = \left(\frac{32.52 * 0.393 * 14.40}{100} \right)$$

$$h_f = 1.84 \text{ mca}$$

$$\Delta h_f = h_{f \text{ lateral}} + h_{f \text{ tercearia}}$$

$$\Delta h_f = 1.84 + 0.55$$

$$\Delta h_f = 2.39 < -14.5 \text{ verificar}$$

$$Hm = hm + 0.75 * h_f$$

$$Hm = 5.41 + 0.75 * 1.84$$

$$Hm = 6.79 \text{ mca}$$

$$Hm = 0.679 \text{ atm}$$

➤ **Presión en la red primaria**

$$P_{rs} = Hm + 0.75 H_{fp} + S$$

P_{rp} : presión a la entrada del lateral.

Hm : presión en la distribuidora.

H_{fp} : Pérdida de carga en la red primaria.

S : Pendiente del terreno.

➤ **Cálculo de pérdida de carga unitaria (m/m)**

$$J = 1.21 * 10^{12} * \left(\frac{Q}{C} \right)^{1.85} * D^{-4.87}$$

Q total del sistema = 4.96 l/s

C : 140 para tubería HDPE.

D : 2" \approx 63 mm.

$$J = 1.21 * 10^{12} * \left(\frac{4.96}{140} \right)^{1.85} * 63^{-4.87}$$

$$J = 4.33 \text{ m}$$

➤ **Cálculo de pérdida de carga en la red primaria**

$$h_f = \left(\frac{J * L}{100} \right)$$

L: 100 m

$$h_f = \left(\frac{4.33 * 100}{100} \right)$$

$$H_{frp} = 4.33$$

S: Topografía del terreno (5%)

$$P_{rs} = H_m + 0.75 H_{fp} + S$$

$$P_{rs} = 6.79 + 0.75 * 4.33 + 0.05$$

$$P_{rs} = 10.09 \text{ mca}$$

$$P_{rs} = 1.01 \text{ atm}$$

B.3. Pérdida de carga en el arco de riego

Tabla 3.12. Resumen de la pérdida de carga en el arco de riego

Accesorios	Dímetros (pulg)	Cantidad de accesorios	K	Pérdida de carga (mca)	Pérdida de carga total (mca)
Collarín de toma 63 x 1"	2	2	0.20	0.041	0.082
Niple PP 1" x1"	1	2	0.05	0.010	0.020
Tee rosca hembra 32 x 1" x 32 mm	1	1	1.80	0.367	0.367
Válvula de bola rosca hembra	1	1	0.24	0.049	0.049
Pérdida de carga en el cabezal (HF)					0.518

B.6. Pérdida de carga en el cabezal de riego

Total de la pérdida de carga: $(10.09 + 0.518 + 3.951) = 14.56 \text{ mca}$

Tabla 3.13. Resumen de la pérdida de carga en el arco de riego

Accesorios	Dímetros (pulg)	Cantidad de accesorios	K	Pérdida de carga (m.c.a)	Pérdida de carga total (m.c.a)
Unión universal PVC	2	1	0.10	0.020	0.020
Codo PVC 90°	2	1	0.40	0.082	0.082
Collarín de toma 63 x 2"	2	5	0.20	0.041	0.204
Válvula de bola rosca hembra 2 x 2"	2	2	0.24	0.049	0.098
Manguito PP 2 x2"	2	2	0.05	0.010	0.020
Filtro de anillo 120 mesh.	2	1	4.90	1.000	1.000
Caudalímetro DOROT	2	1	1.47	0.300	0.300
Enlace rosca macho 63 x 2"	2	2	0.30	0.061	0.122
Válvula de aire + collarin	2	1	0.45	0.092	0.092
Inyector venturi	3/4"	2	3.43	0.700	1.400
Válvula de pie 2"	2	1	3.00	0.612	0.612
Pérdida de carga en el cabezal (HF)					3.951

B.7. Cálculo de la potencia de la electrobomba

$$POT = \frac{(Q * 1.15) * ADT}{270 * EF}$$

POT : Potencia de bombeo (HP).

Q : Caudal de diseño (m³/h).

ADT : Altura dinámica total (mca).

EF : Eficiencia (70%).

$$POT = \frac{(17.85 * 1.15) * 14.56}{270 * 0.70}$$

$$POT = 1.6 \text{ HP} \approx 2 \text{ HP}$$

La potencia de 2 HP, se da por el factor de seguridad y ampliación de nuevas áreas de cultivo con riego por goteo y fertirriego.

B.8. Cálculo del reservorio

Realizado el cálculo de la potencia de la electrobomba, pasamos enseguida a calcular las dimensiones y volumen del reservorio, para ello se mostrara paso a paso los detalles del cálculo.

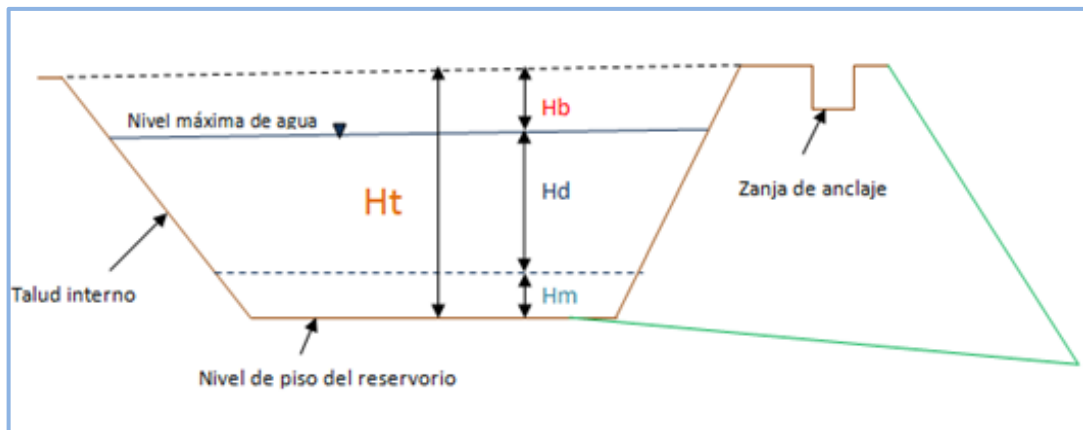


Figura: 3.7. Forma del reservorio del C.E. Canaán

Fuente: Elaboración propio

$$HT = Hm + Hd + Hb$$

Dónde:

HT: Altura total del reservorio (m).

Hm: Altura de volumen muerto (m).

Hd: Altura neta de diseño (m).

Hb: Altura del borde libre (m).

1. Cálculo de altura de volumen muerto (Hm)

$$Hm=0.16$$

2. Cálculo de altura del borde libre (Hb)

Con fines de seguridad se ha tomado 10cm (tubería de rebose de 3")

3. Cálculo de altura neta de diseño (Hd)

La altura neta de diseño (Hd) es la altura de agua existente en el embalse

$$Hd=2.58 \text{ m}$$

4. Cálculo de altura total de diseño (Ht)

$$Ht=Hm+Hd+Hb$$

$$Ht=0.16+2.58+0.10$$

$$Ht= 2.84$$

1. Geometría del vaso del reservorio

Por la forma geométrica similar a un tronco piramidal de la figura 3.9, que presenta el reservorio el volumen neto del vaso se calculara mediante la siguiente formula:

Dónde:

HT : Altura total del reservorio (m).

Hm : Altura de volumen muerte (m).

Hd : Altura neta de diseño (m).

Hb : Altura del borde libre (m).

2. Cálculo de altura de volumen muerto (Hm)

$$Hm=0.16$$

3. Cálculo de altura del borde libre (Hb)

Con fines de seguridad se ha tomado 10cm (tubería de rebose de 3")

4. Cálculo de altura neta de diseño (Hd)

La altura neta de diseño (Hd) es la altura de agua existente en el embalse

$$Hd=2.58 \text{ m}$$

5. Cálculo de altura total de diseño (Ht)

$$H_t = H_m + H_d + H_b$$

$$H_t = 0.16 + 2.58 + 0.10$$

$$H_t = 2.84$$

6. Geometría del vaso del reservorio.

Por la forma geométrica similar a un tronco piramidal de la figura 3.9, que presenta el reservorio el volumen neto del vaso se calculara mediante la siguiente formula:

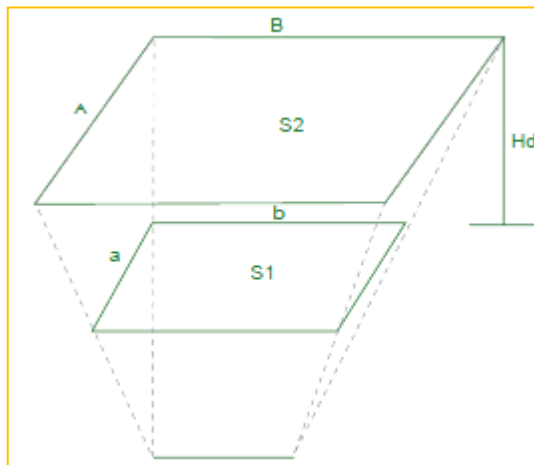


Figura: 3.8. Forma piramidal del reservorio del C.E Canaán

Fuente: Elaboración propio

$$V_{tp} = \frac{H_d}{3} \times (S_1 + S_2 + \sqrt{(S_1 \times S_2)})$$

Dónde:

V_{tp} : Volumen del tronco piramidal (m^3).

H_d : Altura neta del diseño (m).

S_1 : Área total de la base (m^2).

S_2 : Área superior (m^2).

$$S_1 = 4.36 \text{ m} \times 2.06 \text{ m}$$

$$S_1 = 8.98 \text{ m}^2$$

$$S_2 = 6.60 \text{ m} \times 4.25 \text{ m}$$

$$S_2 = 28.05 \text{ m}^2$$

$$V_{tp} = \frac{2.58}{3} \times (8.98 + 28.05 + \sqrt{(8.98 \times 28.05)})$$

$$V_{tp} = 50.07 \approx 50 \text{ m}^3$$

3.1.3. Evaluación del sistema de riego por goteo

A. Evaluación del coeficiente de uniformidad (CU)

➤ Datos de ingreso

Cinta de Riego: EURODRIP, Clase 8000.

Distanciamiento de emisores a 20 cm.

Longitud de cinta de riego 62 m.

Total, de laterales de riego 38.

Caudal de salida del emisor 0.8 l/h.

Este resultado nos indica un alto grado de uniformidad en el sistema de riego de la unidad de riego del C.E Canaán.

Tabla 3.14. Evaluación del coeficiente de uniformidad de un sistema de riego por goteo en el cultivo de quinua negra en el C.E. Canaán- UNSCH.

Tramo	Lateral	volumen (ml)	Tiempo(min)	volumen (L)	Caudal (L/h)	Q Ascendente (L/H)
INICIAL	1	176	15.00	0.176	0.704	0.600
		184	15.00	0.184	0.736	0.600
		182	15.00	0.182	0.728	0.600
		165	15.00	0.165	0.660	0.600
	2	174	15.00	0.174	0.696	0.640
		190	15.00	0.190	0.760	0.640
		175	15.00	0.175	0.700	0.656
		170	15.00	0.170	0.680	0.660
		178	15.00	0.178	0.712	0.668
		190	15.00	0.190	0.760	0.680
	3	160	15.00	0.160	0.640	0.680
		180	15.00	0.180	0.720	0.680
188		15.00	0.188	0.752	0.680	
205		15.00	0.205	0.820	0.684	
2/4L	4	210	15.00	0.210	0.840	0.688
		184	15.00	0.184	0.736	0.696
		203	15.00	0.203	0.812	0.700
		200	15.00	0.200	0.800	0.700
	5	195	15.00	0.195	0.780	0.704
		200	15.00	0.200	0.800	0.704
		183	15.00	0.183	0.732	0.712
		190	15.00	0.190	0.760	0.720
		190	15.00	0.190	0.760	0.720
		190	15.00	0.190	0.760	0.720
3/4L	7	176	15.00	0.176	0.704	0.720
		185	15.00	0.185	0.740	0.720
		185	15.00	0.185	0.740	0.720
		180	15.00	0.180	0.720	0.720
	8	164	15.00	0.164	0.656	0.724
		180	15.00	0.180	0.720	0.728
		180	15.00	0.180	0.720	0.732
		170	15.00	0.170	0.680	0.736
		150	15.00	0.150	0.600	0.736
		180	15.00	0.180	0.720	0.740
		200	15.00	0.200	0.800	0.740
		160	15.00	0.160	0.640	0.752
FINAL	10	170	15.00	0.170	0.680	0.760
		180	15.00	0.180	0.720	0.760

11	150	15.00	0.150	0.600	0.760
	175	15.00	0.175	0.700	0.760
	180	15.00	0.180	0.720	0.760
	172	15.00	0.172	0.688	0.780
	181	15.00	0.181	0.724	0.800
12	171	15.00	0.171	0.684	0.800
	150	15.00	0.150	0.600	0.800
	167	15.00	0.167	0.668	0.812
	150	15.00	0.150	0.600	0.820
	170	15.00	0.170	0.680	0.840
PROMEDIO TOTAL qm					0.716
PROMEDIO DE LOS PRIMEROS 25% VALORES ORDENADOS EN FORMA ASCENDENTE (qm 1/4)					0.642

Fuente: Elaboración propia

$$CU = \frac{(qm\ 1/4)}{qm} * 100$$

$$CU = \frac{0.642}{0.716} * 100 = 89.66 \%$$

B. EVALUACIÓN DEL BULBO HÚMEDO

De acuerdo a los datos registrados en las pruebas de campo, la forma geométrica que más se aproxima y describe el bulbo húmedo en el perfil del suelo es el de un elipsoide truncado. En un suelo franco arcilloso las fuerzas mátricas y gravimétricas están en desequilibrio trayendo como consecuencia una mayor redistribución horizontal. Esta forma es predominante en todos los tratamientos de aplicación de riego en este suelo. Los datos tomados del bulbo húmedo fueron radio y profundidad, teniendo como nivel de referencia la base inicial del bulbo en los primeros 0.5 h.

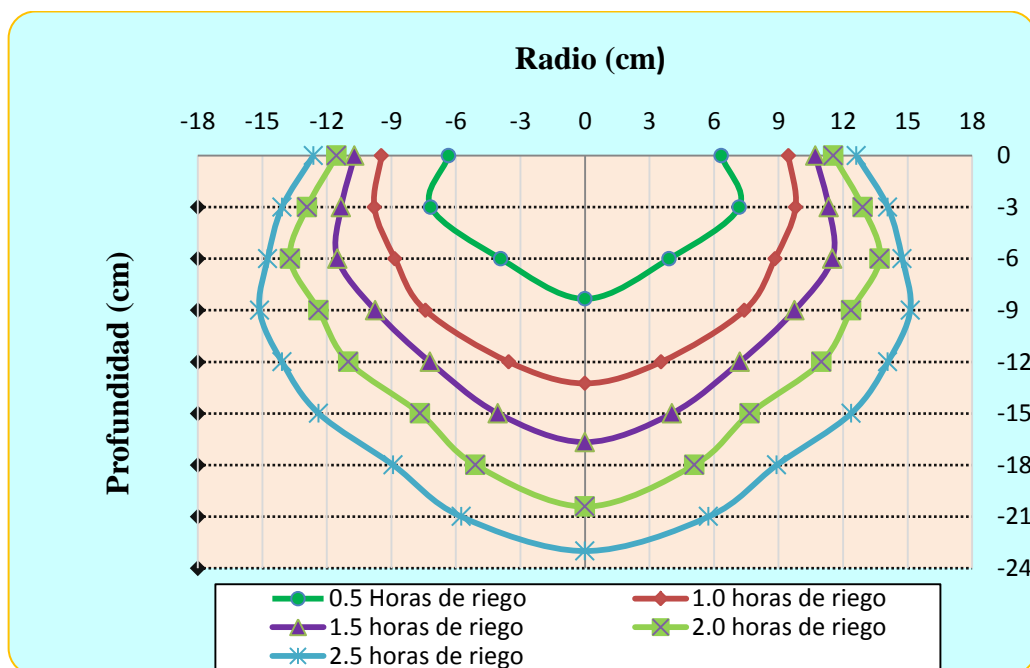


Figura 3.9. Perfil del bulbo húmedo para un caudal 0.725 l/h – C.E Canaán

Fuente: Elaboración propio

Tabla 3.15. Profundidad y radio de los tratamientos evaluados

Profundidad	V1	V2	V3	V4	V5
cm	0.725 l	0.725 l	0.725 l	0.725 l	0.725 l
	0.5 h	1.0 h	1.5 h	2.0 h	2.5 h
0	6	9	11	12	13
3	7	10	11	13	14
6	4	9	12	14	15
9		7	10	12	15
12		4	7	11	14
15			4	8	12
18				5	9
21					6
Último	8	13	17	20	23

Fuente: Elaboración propio

En los tratamientos V1, V2, V3, V4 y V5, de acuerdo a los datos obtenidos que se muestran, las dimensiones mayores de radio del bulbo húmedo se encuentran entre los 6 y 12 cm aproximadamente por debajo de la superficie del terreno. De acuerdo al tiempo de aplicación de riego, las pruebas de campo dieron los siguientes resultados:

Tratamiento V1: tiempo de riego 0.5 hora. El mayor radio es de 7 cm, a 3 cm debajo de la superficie. La profundidad máxima que alcanza el bulbo es de 8 cm.

Tratamiento V2: tiempo de riego 1.0 horas. El mayor radio es de 10 cm, debajo de la superficie. La profundidad máxima que alcanza el bulbo es de 13 cm.

Tratamiento V3: tiempo de riego 1.5 horas. El mayor radio es de 12 cm, a 6 cm debajo de la superficie. La profundidad máxima que alcanza el bulbo es de 17 cm.

Tratamiento V4: tiempo de riego 2.0 horas. El mayor radio es de 14 cm, a 6 cm debajo de la superficie. La profundidad máxima que alcanza el bulbo es de 20 cm.

Tratamiento V5: tiempo de riego 2.5 horas. El mayor radio es de 15 cm, 6 y 15 cm debajo de la superficie. Y la profundidad máxima es de 23 cm.

C. Programación de riego durante el ciclo vegetativo

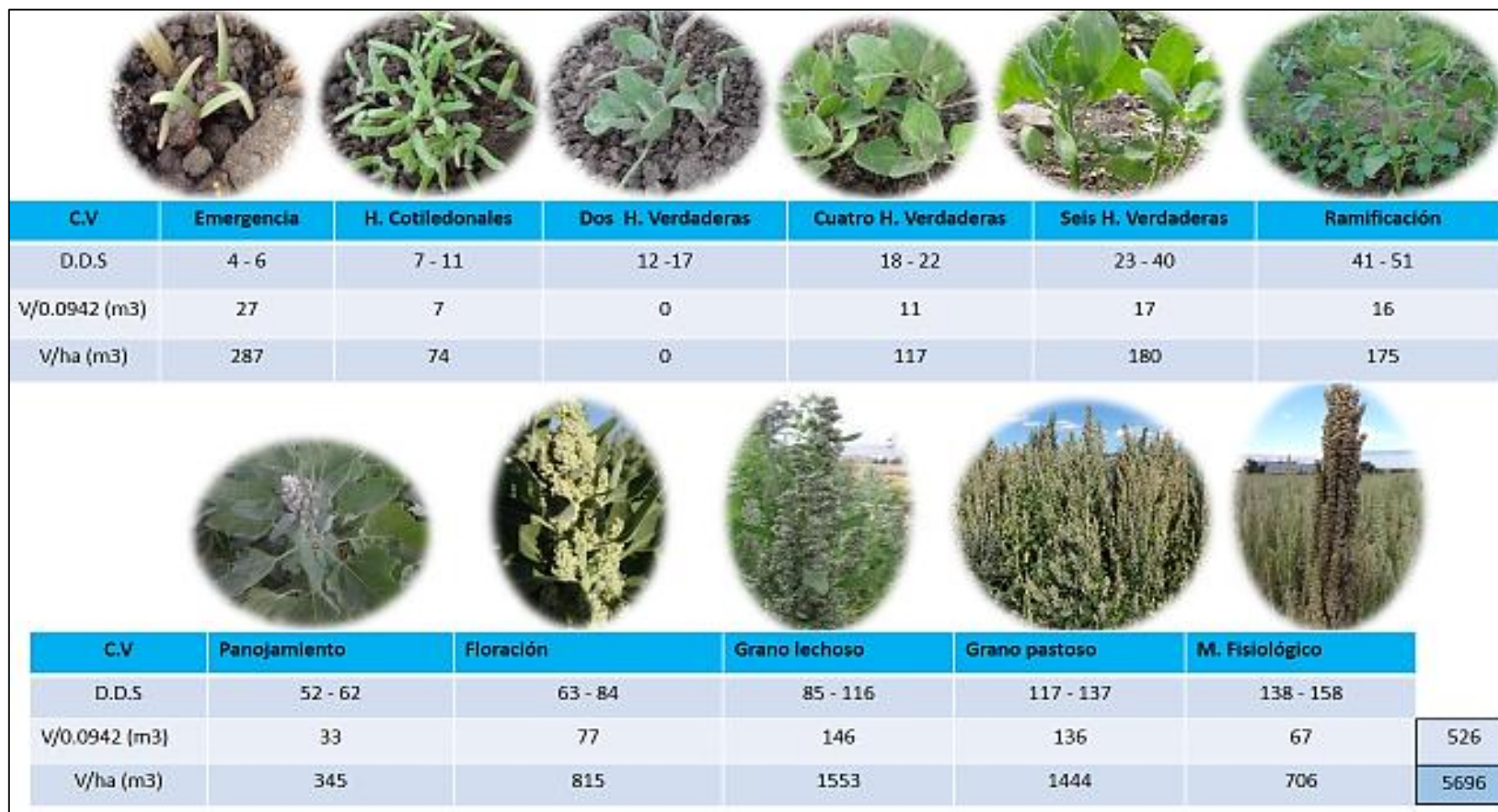


Figura 3.10. Ciclo vegetativo y demanda de agua por el cultivo durante el ciclo vegetativo

Fuente: Elaboración propia

En la figura 3.10. Se puede constatar la dosis de aplicación durante el ciclo vegetativo de la quinua negra fue de 5696 m³/ha y para el campo donde se realizó el experimento fue de 526 m³, estos datos mencionados son los dotación real en el campo de experimento, en momento de la aplicación de agua sin fertilizante, con fertilizante y con la inyección de los foliares a la raíz. Cabe destacar que estos datos obtenidos son para cultivos de alta densidad; que si llevamos a nivel del campo de un productor estaríamos trabajando con una dosis de aplicación 2848 m³ para la variedad que estamos tratando.

3.1.4. Efectos del ácido húmico en el rendimiento de quinua negra

A. Altura de planta

Tabla 3.16. Análisis de variancia de la altura de planta (cm) de quinua negra (*Chenopodium quinoa* W.) con tratamientos de ácido húmico en un sistema de fertirriego por goteo. Canaán, 2735 msnm – Ayacucho.

FV	gl	SC	CM	F	P-valor
Ácido húmico	4	1574.933	393.733	7.006	0.006
Lineal	1	403.333	403.333	7.177	0.023 *
Cuadrática	1	91.524	91.524	1.629	0.231 ns
Cúbica	1	1080.000	1080.000	19.217	0.001 **
Cuártica	1	0.076	0.076	0.001	0.971 ns
Error	10	562.000	56.200		
Total	14	2136.933			

CV (%) = 5.85

Promedio = 128.07 cm

El análisis de variancia del (tabla 3.16), indica que existe una respuesta cúbica altamente significativa para la altura de planta, debido a la dosis de ácido húmico, la diferencia en la altura de planta entre tratamientos se atribuye a las dosis de ácido húmico en el sistema de fertirriego, por lo que se realizó la prueba de Duncan.

El coeficiente de variación es de 5.85 %, este valor es aceptable para obtener valores confiables Calzada (1970) y se puede atribuir al manejo uniforme del campo de cultivo, considerando que se utilizó riego tecnificado, lo que favorece la homogeneidad de las unidades experimentales. La altura promedio de planta en el trabajo de investigación llegó a 128.07 cm.

Tabla 3.17. Prueba de Duncan de la altura de planta (cm) de quinua negra (*Chenopodium quinoa* W.) con tratamientos de ácido húmico en un sistema de fertirriego por goteo. Canaán, 2735 msnm – Ayacucho

Ácido húmico k/ha	Altura de planta cm	n	Duncan 0.05	
100	144.33	3	a	
25	135.00	3	a	b
50	125.00	3		b c
75	118.33	3		c
0	117.67	3		c

La prueba de Duncan de la altura de planta (tabla 3.17), indica que se obtuvo un rango de altura de planta de 117.67 a 144.33 cm, siendo los de mayor altura (144.33 y 135.00 cm) con la dosis de 100 y 25 kg/ha de ácido húmico, no existiendo diferencia significativa entre estos tratamientos, pero comparativamente la dosis de 100 kg/ha es considerado superior al de 25 kg/ha y al resto de los tratamientos con ácido húmico. Por otro lado con altura intermedia (125.00 cm) con dosis de 50 kg/ha, y con menores alturas (118.33 y 117.67 cm) sin diferencia significativa con los tratamientos de 75 y 0 kg/ha de ácido húmico.

Cabrera (2015) bajo condiciones de Canaán 2735 msnm – Ayacucho, regulación de malezas en el rendimiento de dos variedades de quinua, reportó en la variedad Negra Collana (INIA – 420) con 114.15 cm, siendo reporte menor en comparación al presente trabajo de investigación.

Román (2014) bajo condiciones de Canaán 2735 msnm - Ayacucho, en adaptación y rendimiento de 18 cultivares de quinua, reporta la altura de planta de la variedad Negra Collana (INIA – 4209) 112.80 cm, siendo reporte menor en comparación al presente trabajo de investigación.

INIA - PUNO (2008) en la ficha técnica de esta variedad reporta rango de altura de 94 a 110 cm, siendo valores inferiores al presente estudio.

B. Diámetro de tallo

Tabla 3.18. Análisis de variancia del diámetro de tallo (mm) de quinua negra (*Chenopodium quinoa* W.) con tratamientos de ácido húmico en un sistema de fertirriego por goteo. Canaán, 2735 msnm – Ayacucho.

FV	gl	SC	CM	F	P-valor
Ácido húmico	4	8.84	2.21	4.29	0.0282
Lineal	1	301.60	301.60	584.85	<0.0001**
Cuadrática	1	159.71	159.71	309.71	<0.0001**
Cúbica	1	51.78	51.78	100.41	<0.0001**
Cuártica	1	23.31	23.31	45.21	0.0001**
Error	10	5.16	0.52		
Total	14	14.00			

CV (%) = 5.99

Promedio = 12.00 mm

El análisis de variancia de la (tabla 3.18), indica que existe una diferencia altamente significativa para el diámetro de tallo en términos (lineal, cuadrática, cúbica y cuártica) entre los tratamientos con ácido húmico, esto se atribuye al manejo agronómico oportuno con el sistema de fertirriego, por lo que se realizó la prueba de Duncan.

El coeficiente de variación es de 5.99 %, este valor adecuado para un resultado confiable en experimentos de campo Calzada (1970). El diámetro de tallo promedio en el trabajo de investigación llegó a 12.00 mm.

Tabla 3.19. Prueba de Duncan del diámetro de tallo (mm) de quinua negra (*Chenopodium quinoa* W.) con tratamientos de ácido húmico en un sistema de fertirriego por goteo. Canaán, 2735 msnm – Ayacucho

Ácido húmico kg/ha	Diámetro de tallo mm	n	Duncan 0.05	
100	12.79	3	a	
50	12.72	3	a	
25	12.32	3	a	b
75	11.10	3		b
0	11.06	3		b

La prueba de Duncan del diámetro de tallo (Tabla 3.19), indica que se obtuvo un rango en el diámetro de tallo de 11.06 a 12.79 mm, siendo los mayores diámetro de tallo (12.79; 12.72 mm) con dosis de 100 y 50 kg/ha de ácido húmico, no existiendo diferencia significativa entre los tratamientos; en cuanto a diámetro intermedio (12.32 mm) con dosis de 25 kg/ha de ácido húmico y con menores diámetros de tallo (11.10 a 11.06 mm) con dosis 75 y 0 kg/ha sin diferencia significativa entre estos últimos tratamientos.

Cabrera (2015) bajo condiciones de Canaán 2735 msnm – Ayacucho, regulación de malezas en el rendimiento de dos variedades de quinua, reporto en la variedad Negra Collana (INIA – 420) 9.69 mm, siendo reporte menor en comparación al presente trabajo de investigación.

C. Longitud de panoja

Tabla 3.20. Análisis de variancia de la longitud de panoja (cm) de quinua negra (*Chenopodium quinoa* W.) con tratamientos de ácido húmico en un sistema de fertirriego por goteo. Canaán, 2735 msnm – Ayacucho.

FV	gl	SC	CM	F	P-valor
Ácido húmico	4	310.93	77.73	4.21	0.030
Lineal	1	80.03	80.03	4.33	0.064 ns
Cuadrática	1	4.02	4.02	0.22	0.651 ns
Cúbica	1	224.13	224.13	12.14	0.006 **
Cuártica	1	2.74	2.74	0.15	0.708 ns
Error	10	184.67	18.47		
Total	14	495.60			

CV (%) = 7.21

Promedio = 59.60 cm

El análisis de variancia de la (tabla 3.20), se observa una diferencia altamente significativa en la respuesta cúbica para la longitud de panoja, mientras que la respuesta lineal es significativa, esto se atribuye al manejo agronómico oportuno con el sistema de fertirriego, por lo que se realizó la prueba de Duncan. El coeficiente de variación es de 7.21 %, valor confiable para trabajos de campo. El promedio de la longitud de panoja en el trabajo de investigación llegó a 59.60 cm.

Tabla 3.21. Prueba de Duncan de la longitud de panoja (cm) de quinua negra (*Chenopodium quinoa* W.) con tratamientos de ácido húmico en un sistema de fertirriego por goteo. Canaán, 2735 msnm – Ayacucho.

Ácido húmico kg/ha	Longitud de panoja cm	n	Duncan 0.05	
100	66.33	3	a	
25	62.67	3	a	b
50	59.67	3	a	b
75	55.00	3		b
0	54.33	3		b

La prueba de Duncan para la longitud de panoja (tabla 3.21), indica que se obtuvo un rango en la longitud de panoja de 54.33 a 66.33 cm, siendo el de mayor longitud de panoja (66.33 cm) con la dosis de 100 kg/ha de ácido húmico; con longitudes intermedias (62.67 y 59.67 cm), aquellas tratadas con la dosis de 25 y 50 kg/ha de ácido húmico y con menores longitudes de panoja (55.00 y 54.33 cm) con dosis de 75 y 0 kg/ha de ácido húmico, no existiendo diferencia significativa entre estos grupos de tratamientos.

Cabrera (2015) bajo condiciones de Canaán 2735 msnm – Ayacucho, regulación de malezas en el rendimiento de dos variedades de quinua, reporto en la variedad Negra Collana (INIA – 420) con 57.6 cm, siendo reporte semejante en comparación al presente trabajo de investigación.

Román (2014) bajo condiciones de Canaán 2735 msnm - Ayacucho, en adaptación y rendimiento de 18 cultivares de quinua, reporta la longitud de panoja para la variedad Negra Collana (INIA – 420) 38.5cm, siendo valor que está muy por debajo del promedio del presente trabajo de investigación.

D. Diámetro de panoja

Tabla 3.22. Análisis de variancia del diámetro de panoja (cm) de quinua negra (*Chenopodium quinoa* W.) con tratamientos de ácido húmico en un sistema de fertirriego por goteo. Canaán, 2735 msnm – Ayacucho

FV	gl	SC	CM	F	P-valor
Ácido húmico	4	3.05	0.76	6.63	0.0071
Lineal	1	62.31	62.31	542.42	<0.0001 **
Cuadrática	1	36.81	36.81	320.42	<0.0001 **
Cúbica	1	16.21	16.21	141.10	<0.0001 **
Cuártica	1	6.08	6.08	52.94	<0.0001 **
Error	10	1.15	0.11		
Total	14	4.20			

CV (%) = 5.92

El análisis de variancia de la (tabla 3.22), indica que existe una diferencia significativa entre los tratamientos con ácido húmico, pero si hay diferencias altamente significativas en la respuesta (lineal, cuadrática y cúbica) para el diámetro de panoja entre los tratamientos con ácido Húmico; en promedio el diámetro de panoja aumenta hasta un valor máximo a una dosis de ácido húmico, dosis mayores de ácido húmico se traduce en disminución del diámetro de panoja.

El coeficiente de variación es de 5.92 %, valor que es adecuado para experimentos de campo. El promedio del de panoja en el trabajo de investigación llegó a 5.73 cm.

Tabla 3.23. Prueba de Duncan del diámetro de panoja (cm) de quinua negra (*Chenopodium quinoa* W.) con tratamientos de ácido húmico en un sistema de fertirriego por goteo. Canaán, 2735 msnm – Ayacucho

Ácido húmico kg/ha	Diámetro de panoja cm	n	Duncan 0.05	
100	6.43	3	a	
50	5.87	3	a	b
25	5.86	3	a	b
75	5.25	3		b
0	5.22	3		b

La prueba de Duncan del diámetro de panoja (tabla 3.23), indica que se obtuvo un rango de diámetros de panoja de 5.22 a 6.43 cm, siendo el de mayor longitud (6.43 cm) con la dosis 100 kg/ha de ácido húmico, así mismo de longitudes medianas (5.87 y 5.86 cm) aquellas tratadas con la dosis de 50 y 25 kg/ha ácido húmico; y los de menores diámetros de panoja (5.25 y 5.22 cm) con dosis de 75 y 0 kg/ha no existiendo diferencia significativa entre estos grupos de tratamientos con ácido húmico.

Román (2014) bajo condiciones de Canaán 2735 msnm - Ayacucho, en adaptación y rendimiento de 18 cultivares de quinua, reporta el diámetro de panoja para la variedad Negra Collana (INIA - 420) de 5.08 cm, siendo reporte similar en comparación al presente trabajo de investigación.

E. Peso de panoja

Tabla 3.24. Análisis de variancia del peso de panoja (g) de quinua negra (*Chenopodium quinoa* W.) con tratamientos de ácido húmico en un sistema de fertirriego por goteo. Canaán, 2735 msnm – Ayacucho.

FV	gl	SC	CM	F	P-valor
Ácido húmico	4	366.375	91.594	3.634	0.045
Lineal	1	233.523	233.523	9.266	0.012 *
Cuadrática	1	2.006	2.006	0.080	0.784 ns
Cúbica	1	100.650	100.650	3.994	0.074 ns
Cuártica	1	30.195	30.195	1.198	0.299 ns
Error	10	252.033	25.203		
Total	14	618.407			

CV (%) = 15.88

El análisis de variancia de la (tabla 3.24), indica que existe una diferencia significativa para la respuesta lineal y una diferencia no significativa en términos (cuadrática, cúbica y cuártico) en el peso de panoja entre los tratamientos con ácido húmico.

El coeficiente de variación es de 15.88 %, este valor es aceptable para trabajos de campo. El promedio del peso de panoja en el trabajo de investigación llegó a 31.62 g.

Tabla 3.25. Prueba de Duncan del peso de panoja (g) de quinua negra (*Chenopodium quinoa* W.) con tratamientos de ácido húmico en un sistema de fertirriego por goteo. Canaán, 2735 msnm – Ayacucho.

Ácido húmico kg/ha	Peso de panoja g	n	Duncan 0.05	
100	39.85	3	a	
50	33.46	3	a	b
25	30.76	3	a	b
75	29.01	3		b
0	25.02	3		b

La prueba de Duncan del peso de panoja (tabla 3.25), indica que se obtuvo un rango de peso de panoja de 25.02 a 39.85 g, siendo de mayor longitud (39.85 g) con dosis de 100 kg/ha de ácido húmico; con valores intermedios en el peso de panoja (33.46 y 30.76 g), aquellas tratadas con dosis de 50 y 25 kg/ha de ácido húmico; y con valores bajos (29.01 y 25.02 g) con dosis de 75 y 0 kg/ha, no existiendo diferencia significativa entre estos grupos de tratamientos.

Cabrera (2015) bajo condiciones de Canaán 2735 msnm – Ayacucho, reporta 54.30g en la variedad Negra Collana (INIA – 420), al respecto Roman (2015) bajo condiciones de Canaán 2735 msnm, reporta el peso de panoja para la misma variedad 56.4 g. siendo superior a lo obtenido en el presente trabajo de investigación.

F. Peso de grano por panoja

Tabla 3.26. Análisis de variancia del peso de grano por panoja (g) de quinua negra (*Chenopodium quinoa* W.) con tratamientos de ácido húmico en un sistema de fertirriego por goteo. Canaán, 2735 msnm – Ayacucho.

FV	gl	SC	CM	F	P-valor
Ácido húmico	4	95.718	23.930	4.839	0.020
Lineal	1	90.863	90.863	18.373	0.002 **
Cuadrática	1	0.007	0.007	0.001	0.971 ns
Cúbica	1	4.665	4.665	0.943	0.354 ns
Cuártica	1	0.184	0.184	0.037	0.851 ns
Error	10	49.455	4.946		
Total	14	145.173			

CV (%) = 12.76

Promedio = 17.43 g

El análisis de variancia de la (tabla 3.26), indica que existe una diferencia altamente significativa en la respuesta lineal para el peso de grano por panoja entre los tratamientos con ácido húmico, esto se interpreta como un incremento para el peso de grano por panoja conforme aumenta la dosis de ácido húmico.

El coeficiente de variación es de 12.76 %, este valor es aceptable y se puede atribuir al manejo uniforme del campo de cultivo, considerando que se utilizó riego tecnificado, lo que favorece la homogeneidad de las unidades experimentales. El promedio del de panoja en el trabajo de investigación llegó a 17.43g.

Tabla 3.27. Prueba de Duncan del peso de grano por panoja (g) de quinua negra (*Chenopodium quinoa* W.) con tratamientos de ácido húmico en un sistema de fertirriego por goteo. Canaán, 2735 msnm – Ayacucho.

Ácido húmico k/ha	Peso de grano g	n	Duncan 0.05		
100	21.31	3	a		
75	18.28	3	a	b	
50	17.64	3	a	b	c
25	16.38	3		b	c
0	13.56	3			c

La prueba de Duncan del peso de grano por panoja (tabla 3.27), indica que se obtuvo un rango de pesos de grano por panoja de 13.56 a 21.31g, siendo los tratamientos con valor alto (21.31 g), con dosis de 100 kg/ ha de ácido húmico; seguidos de valores intermedios (18.28 y 17.64 g) con dosis de 75 y 50 kg/ha y de menores pesos de grano por panoja (16.38 y 13.56 g) con el tratamiento de 25 y 0 kg/ha de ácido húmico, no existiendo diferencia significativa entre estos grupos de tratamientos.

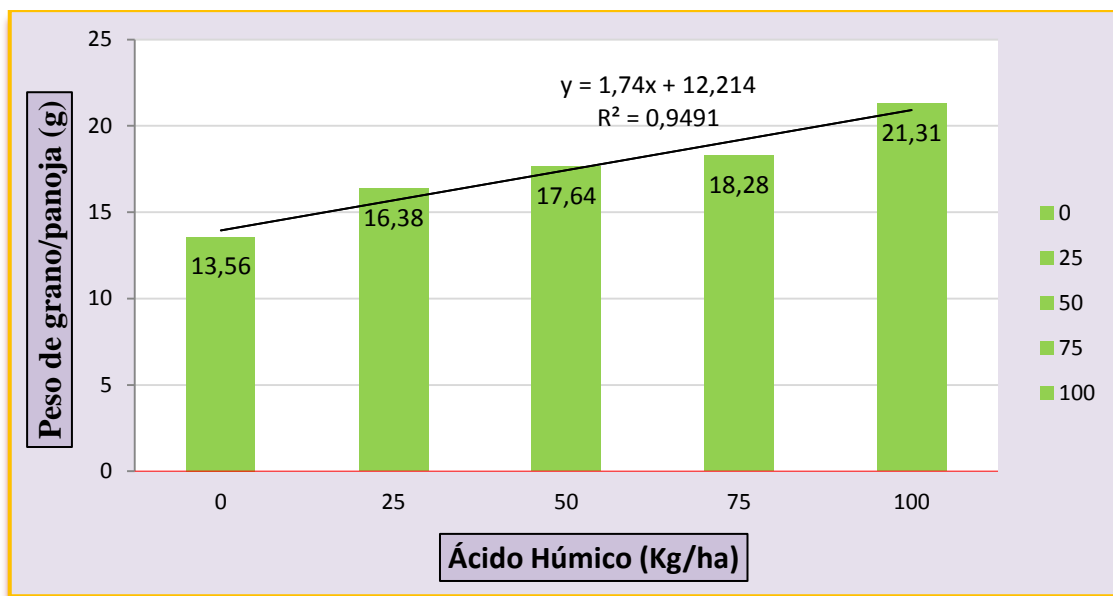


Figura 3.11. Peso de grano por panoja (g) de quinua negra (*Chenopodium quinoa* W.) sobre tratamientos de ácido húmico en un sistema de fertirriego por goteo. Canaán, 2735 msnm – Ayacucho.

La figura muestra una tendencia ascendente de la respuesta de la planta expresada en peso de grano por panoja (g), con la dosis cada vez mayores de ácido húmico. Esta respuesta es previsible considerando que el aporte de cantidades mayores de ácido húmico, debido a la continua disolución de fosfatos en el suelo, permite mantener fósforo disponible para la planta que es frecuente la retención de “P” en suelos calcáreos como Canaán.

Cabrera (2015) bajo condiciones de Canaán 2735 msnm – Ayacucho, reporta 12.04 g en la variedad Negra Collana (INIA – 420), al respecto Roman (2014) bajo condiciones de Canaán 2735 msnm, reporta 18.01 g siendo reporte similar a lo obtenido en el presente trabajo de investigación y superior al reporte de Cabrera.

G. Peso de 1000 semillas

Tabla 3.28. Análisis de variancia del peso de 1000 semillas (g) de quinua negra (*Chenopodium quinoa* W.) con tratamientos de ácido húmico en un sistema de fertirriego por goteo. Canaán, 2735 msnm – Ayacucho.

FV	gl	SC	CM	F	P-valor
Ácido húmico	4	0.06310	0.01580	0.895	0.502
Lineal	1	0.04490	0.04490	2.546	0.142 ns
Cuadrática	1	0.01230	0.01230	0.701	0.422 ns
Cúbica	1	0.00003	0.00003	0.002	0.968 ns
Cuártica	1	0.00590	0.00590	0.333	0.577 ns
Error	10	0.17620	0.01760		
Total	14	0.23930			

CV (%) = 6.75

El análisis de variancia de la (tabla 3.28), indica que existe una diferencia no significativa en la respuesta (lineal, cuadrática, cúbica y cuártica) para el peso de 1000 semillas de los tratamientos con ácido húmico, esto se atribuye a que los ácidos húmicos no tuvieron influencias en este carácter, por lo que se realizó la prueba de Duncan.

El coeficiente de variación es de 6.75 %, este valor es aceptable para condiciones de campo y obtener resultados confiables. El promedio del peso de 1000 semillas en el trabajo de investigación llegó a 1.97 g.

Tabla 3.29. Prueba de Duncan del peso de 1000 semillas (g) de quinua negra (*Chenopodium quinoa* W.) con tratamientos de ácido húmico en un sistema de fertirriego por goteo. Canaán, 2735 msnm – Ayacucho.

Ácido húmico k/ha	Peso de 1000 semillas g	n	Duncan 0.05
50	2.03	3	a
100	2.02	3	a
75	2.00	3	a
25	1.93	3	a
0	1.86	3	a

La prueba de Duncan de la (tabla 3.29), indica que se obtuvo un rango de pesos de 1.86 a 2.03 g, considerándose todas los valores de nivel alto, no existiendo diferencia significativa entre los tratamientos de ácido húmico. Cabe indicar que estas comparaciones se han realizado en producciones fuera de campaña que realizaron Cabrera (2015) y Roman (2014).

Cabrera (2015) bajo condiciones de Canaán 2735 msnm – Ayacucho, reporto en la variedad Negra Collana (INIA – 420) con 2.06 g, en tanto Román (2014) bajo condiciones de Canaán 2735 msnm - Ayacucho, reporta el peso de 1000 semillas de la misma variedad 1.97 g, siendo reporte semejantes en comparación al presente trabajo de investigación.

H. Segregación

Tabla 3.30. Análisis de variancia de la segregación (%) de quinua negra (*Chenopodium quinoa* W.) con tratamientos de ácido húmico en un sistema de fertirriego por goteo. Canaán, 2735 msnm – Ayacucho.

FV	gl	SC	CM	F	P-valor
Ácido húmico	4	10.38	2.59	0.05	0.995
Lineal	1	450.10	450.10	8.10	0.017 *
Cuadrática	1	355.90	355.90	6.41	0.030 *
Cúbica	1	105.34	105.34	1.90	0.199 ns
Cuártica	1	7.73	7.73	0.14	0.717 ns
Error	10	555.60	55.56		
Total	14	565.98			

CV (%) = 45.33

El análisis de variancia de la (tabla 3.30), indica que no existe una diferencia significativa en la respuesta lineal y cuadrática para la segregación en los tratamientos, esto se atribuye al carácter genético de la variedad, temperatura y altitud; por lo que se realizó la prueba de Duncan.

El coeficiente de variación es de 45.33 %, este valor es alto para casos experimentales se deben a factores no controlados (especialmente el genético y la mescolanza de variedades que se siembra en el campo del productor la cual no podemos evitar el

cruzamiento) y que afectan a este factor, sin embargo se prefiere continuar con los análisis correspondientes debido a la importancia de este carácter a nivel comercial. El promedio de segregación en el trabajo de investigación es de 16.45 %.

Tabla 3.31. Prueba de Duncan de la segregación (%) de quinua negra (*Chenopodium quinoa* W.) con tratamientos de ácido húmico en un sistema de fertirriego por goteo. Canaán, 2735 msnm – Ayacucho.

Ácido húmico kg/ha	Segregación %	n	Duncan 0.05
0	17.78	3	a
75	16.67	3	a
100	16.67	3	a
50	15.56	3	a
25	15.56	3	a

La prueba de Duncan de la segregación (tabla 3.31), indica que se obtuvo un rango de porcentajes de 15.56 a 17.78 %, encontrándose valores altos para todos los tratamientos y no existiendo diferencia significativa entre los tratamientos de ácido húmico para este carácter.

Al respecto Rea (1969) reportó que el porcentaje de polinización cruzada de la quinua en general varía de 2.5 a 9.9 % por su carácter de alogamia, faltando determinar el porcentaje en algunas variedades; en el presente trabajo se encontró un porcentaje de segregación del 16.45% (grano de color marrón, blanco y crema), siendo superior al reporte mencionado. Además cabe mencionar que este reporte se fundamenta en el valor comercial que acarrea sobre los agricultores en especial de la variedad en estudio.

I. Rendimiento de grano

Tabla 3.32. Análisis de variancia del rendimiento de grano (kg/ha) de quinua negra (*Chenopodium quinoa* W.) con tratamientos de ácido húmico en un sistema de fertirriego por goteo. Canaán, 2735 msnm – Ayacucho.

FV	gl	SC	CM	F	P-valor
Ácido húmico	4	13464293.07	3366073.27	4.839	0.020
Lineal	1	12779213.33	12779213.33	18.372	0.002 **
Cuadrática	1	914.67	914.67	0.001	0.972 ns
Cúbica	1	658600.83	658600.83	0.947	0.354 ns
Cuártica	1	25564.23	25564.23	0.037	0.852 ns
Error	10	6955742.67	695574.27		
Total	14	20420035.73			

CV (%) = 12.76

El análisis de variancia de la (tabla 3.32), indica que existe una diferencia altamente significativa en la respuesta lineal para el rendimiento de grano entre los tratamientos con ácido húmico. Esto se interpreta como un incremento en el rendimiento de grano conforme aumenta la dosis de ácido húmico, esto se atribuye al manejo agronómico oportuno con el sistema de fertirriego.

El coeficiente de variación es de 12.76 %, este valor es aceptable y se puede atribuir al manejo uniforme del campo de cultivo, considerando que se utilizó riego tecnificado, lo que favorece la homogeneidad de las unidades experimentales y obtener datos confiables. El promedio del rendimiento en el trabajo de investigación llegó a 6537.47 kg/ha.

Tabla 3.33. Prueba de Duncan del rendimiento de grano (kg/ha) de quinua negra (*Chenopodium quinoa* W.) con tratamientos de ácido húmico en un sistema de fertirriego por goteo. Canaán, 2735 msnm – Ayacucho.

Ácido húmico	Rendimiento	n	Duncan 0.05		
kg/ha	kg/ha				
100	7992.67	3	a		
75	6854.33	3	a	b	
50	6613.00	3	a	b	c
25	6141.67	3		b	c
0	5085.67	3			c

La prueba de Duncan (tabla 3.33), indica que le rendimiento más alto (7992.67 kg/ha) con dosis de 100 kg/ha de ácido húmico; con rendimientos medios (6854.33 y 6613.00) con dosis de 75 y 50 25 kg/ha de ácido húmico; mientras los rendimiento más bajos (6141.67 y 5085.67 kg/ha) con la dosis de 25 y 0 kg/ha, no existiendo diferencia significativa entre los grupos de tratamientos.

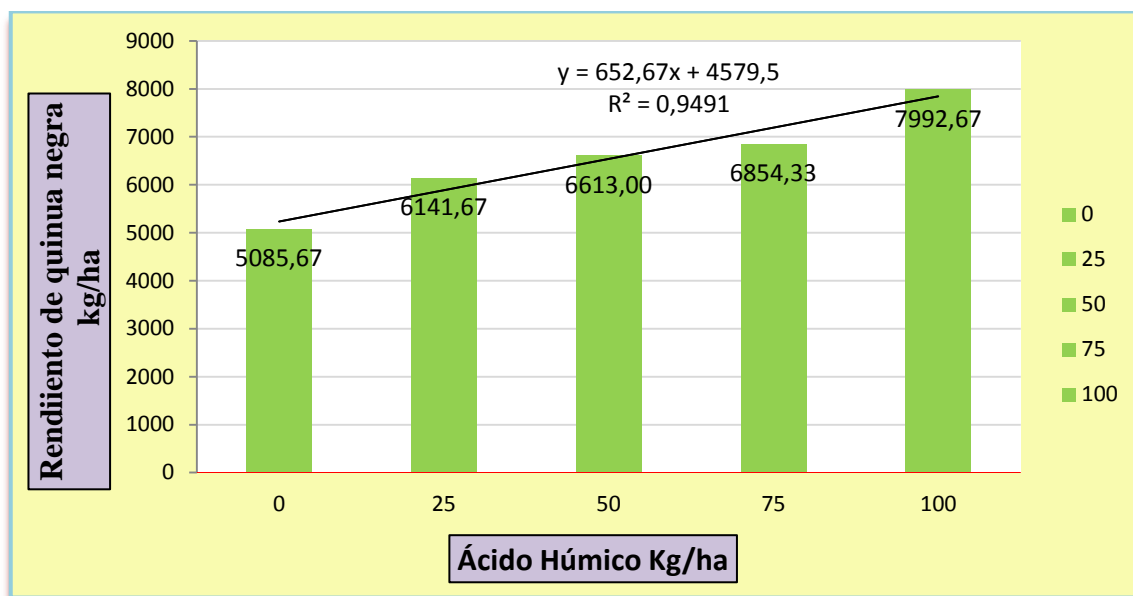


Figura 3.12. Rendimiento de grano (kg/ha) de quinua negra (*Chenopodium quinoa* W.) sobre tratamientos de ácido húmico en un sistema de fertirriego por goteo. Canaán, 2735 msnm – Ayacucho.

El gráfico muestra una tendencia ascendente de la respuesta de la planta expresada en rendimiento, con la dosis cada vez mayores de ácido húmico. Esta respuesta es previsible considerando que el aporte de cantidades mayores de ácido húmico interviene en el rendimiento de quinua negra.

Cabrera (2015) bajo condiciones de Canaán, reportó rendimientos de 2258.30 kg/ha, en tanto que Roman (2014) bajo condiciones de Canaán reportó 2043 kg/ha, siendo un reporte muy por debajo del promedio al presente trabajo de investigación.

J. Correlación entre variables

Tabla 3.34. Coeficiente de correlación r de Pearson (negrita) entre variables de rendimiento de quinua negra (*Chenopodium quinoa* W.), con p-valor (debajo de negrita)

	Altura de planta cm Y1	Diámetro de tallo cm Y2	Longitud de panoja cm Y3	Diámetro de panoja cm Y4	Peso de panoja g Y5	Peso de 1000 semillas g Y6	Segregación % Y7	Rendimiento k/ha Y8
Y1		0.815 0.000	0.919 0.000	0.846 0.000	0.670 0.006	0.397 0.143	-0.127 0.652	0.670 0.006
Y2			0.874 0.000	0.848 0.000	0.880 0.000	0.479 0.071	-0.284 0.306	0.661 0.007
Y3				0.826 0.000	0.862 0.000	0.329 0.232	-0.172 0.540	0.676 0.006
Y4					0.906 0.000	0.491 0.063	0.002 0.994	0.895 0.000
Y5						0.634 0.011	-0.172 0.540	0.895 0.000
Y6							-0.023 0.936	0.582 0.023
Y7								0.043 0.879

En la (tabla 3.34), se tiene que el rendimiento de grano de quinua está asociado con alta significación estadística, en forma positiva con la altura de planta ($r = 0.670$), diámetro de tallo ($r = 0.661$), longitud de panoja ($r = 0.676$), diámetro de panoja ($r = 0.895$), peso de panoja ($r = 0.895$), es decir que a mayor valor de las variables señaladas, se tiene mayor rendimiento de grano de quinua negra con los tratamientos de la dosis de ácido húmico estudiadas.

CONCLUSIONES

1. El diseño agronómico nos brindó una información preliminar de los siguientes datos: Lamina disponible a nivel de la zona radicular 35.95 mm/zr, el porcentaje del área bajo riego es de 66 %, intervalo de riego 3 días, lamina bruta 19.90 mm, horas de riego por día 1.7 h/día, caudal requerido de 9.30 m³/h. De acuerdo con la carga dinámica total del diseño hidráulico (14.56 CDT) y caudal de operación del sistema (4.96 lt/s) se eligió una electrobomba centrífuga monofásico 2" x 2" de 2 HP.
2. El cabezal de riego consta de: Filtro de anillo de 120 mesh, válvula de aire de 1", inyector venturi 3/4", caudalimetro de 2", válvula de control de 2", cilindros de fertilización. Además de ello se implementó un filtro de grava casero que están colocados antes del ingreso del reservorio y en el interior del reservorio. Para el sistema se eligió cintas de goteo modelo EURODRIP clase 8000 con presión de trabajo de 1.00 Bar, caudal de 0.8 l/h, diámetro interno de 16.10 mm, para la red primaria se determinó el diámetro de trabajo de 63 mm HDPE PN8 y el portallateral el diámetro de 32 mm HDPE PN6.
3. Durante el ciclo vegetativo de la quinua negra (158 días) demandó un volumen de riego de 5584 m³/ha (surcos a 0.40 m), sin embargo en distanciamiento del productor (surcos a 0.8) el volumen de riego será de 2792 m³/ha; Para lo cual se construyó un reservorio de 50 m³ de capacidad, revestido con geomembrana de HDPE de 112 m² de paño y 0.75 de espesor. El coeficiente de uniformidad (CU) del sistema de riego es de 89.66 %, indica un alto grado de uniformidad y la forma geométrica del bulbo húmedo en el perfil del suelo es un elipsoide truncado; donde el tratamiento V5 formó un radio de 15 cm en la superficie y una profundidad máxima de 23 cm.

4. El mayor rendimiento de quinua Negra Collana (INIA - 420) por efecto del ácido húmico se le atribuye a la dosis de 100 kg/ha con 7992.67 kg/ha y el rendimiento más bajo se obtuvo con el testigo de (0 kg/ha) con 5085.67 k/ha, siendo estos superiores al rendimiento obtenido por Roman (2014), Cabrera (2015) y al rendimiento nacional.

RECOMENDACIONES

1. Replicar este trabajo en los diferentes lugares y variedades de quinua, para constatar los resultados, ya que esto permitirá optimizar agua y fertilizantes y obtener altos rendimientos.
2. Se recomienda realizar investigaciones para determinar el coeficiente de Uso consuntivo (K_c), para el cultivo de quinua, ya que son datos valiosos que se usan para determinar la posible área de riego, de un proyecto, de una finca, etc. sobre la base de un volumen disponible de agua.
3. Se recomienda al Centro Experimental Canaán adquirir más equipos de medición para tener más precisión en la evaluación del sistema instalado, para tener datos más precisos y fidedignos.
4. Por los resultados obtenidos en el presente trabajo de investigación se recomienda hacer uso de los ácidos húmicos como un abonamiento complementario junto con los fertilizantes granulados y la materia orgánica, para tener mayor rendimiento en los cultivos y en los suelos alcalinos.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Avidan, A. 1994. Determinación del régimen de riego de los cultivos. Fascículo N° 1: Factores que influyen sobre el régimen de riego. Estado de Israel Ministerio de Agricultura. Centro de cooperaciones internacional para el Desarrollo Agrícola (CINADCO).
- Avidan, A. 1994. Determinación del régimen de riego de los cultivos. Fascículo N° 2: Estado de Israel Ministerio de Agricultura. Centro de cooperaciones internacional para el Desarrollo Agrícola (CINADCO).
- Gros, A. 1992. Abonos Guía práctica de fertilización. 8° Edición, revisada y ampliada. Madrid - España. Ediciones Mundi – Prensa.
- Múgica, A. 1993. Cultivo de quinua. Lima – Perú: Serie manual.
- Apaza, M. y Delgado, M. 2005. Manejo y mejoramiento de quinua orgánica. INIA. Puno - Perú. Serie Manual N° 01.
- Armoni, S. 1998. El Riego por Goteo, Estado de Israel Ministerio de Agricultura: Centro de Cooperación Internacional para el Desarrollo Agrícola (CINADCO).
- Aguirre, P. 2016. Efectos de la aplicación de Humantos de potasio y de la fertilización nitrogenada en el rendimiento de maíz morado (*Zea mays* L.) bajo RLAF: Goteo. Tesis Ing. Agrónoma. Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima – Perú.
- Bojanic, A. 2011. La quinua: cultivo milenario para contribuir a la seguridad alimentaria mundial. Oficina Regional Para América Latina y el Caribe. La Paz – Bolivia.
- Cabrera, D. 2005. Regulación de malezas en el rendimiento de dos variedades de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) Canaán 2735 msnm – Ayacucho. Tesis Ing. Agrónomo. Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga. Ayacucho – Perú.
- Cadahía, C. 2005. Fertirrigación cultivos hortícolas, frutales y ornamentales. 3.^a edición revisada, actualizada y ampliada. Madrid – España: Ediciones Mundi – Prensa.
- Castañón, G. 2000. Ingeniería de riego utilización racional del agua. 1.^a Edición. Editorial Mundi – prensa. Madrid – España.
- Chanduví, A.F. 1970. Método simplificado para determinar la infiltración. La Molina – Lima.

- Ferrero, O. R. 1993. Viticultura moderna. Editorial Hemisferio sur S.R.L Montevideo – Argentina.
- Fuentes, Y. y José, L. 2003. Técnicas de Riego 4ta Edición, Madrid – España. Editorial grupo Mundi - Prensa.
- Fernández et al. 1971. Análisis de la infiltración y su aplicación para diseño de riego en el valle inferior del rio colorado. Revista investigaciones agropecuaria INTA serie clima y suelo. Volumen VIII (1). Costa Rica.
- González, J., Hernández, J., Pérez, A. y Rodrigo, J. 1992. Riego Localizado. Madrid – España. Ediciones Mundi – Prensa.
- Gómez, P. y Aguilar, C. 2016. Guía del cultivo de la quinua. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y Agricultura, Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima – Perú.
- Gurovich, L. 1985. Fundamentos y diseño de sistemas de riego. San José – ICA.
- GRA. 2009. Gerencia regional de infraestructura red hidrometeorológica. Estación INIA – Ayacucho.
- Israelsen, O. y Hansen, V. 1965. Principios y aplicaciones del riego. Madrid – España. Edición Reverté.
- Mateu, S. 2005. Extracción de nutrientes por el cultivo de quinua (*Chenopodium quinoa* willd) Variedad Blanca de Junín. Ayacucho, 2750 msnm. Tesis Ing. Agrónoma. Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga. Ayacucho – Perú.
- MIAGRI. 2014. Quinua un futuro sembrado hace miles de años. Lima – Perú. Edición: proyectos Institucionales de Santillana S.A.
- Muñoz, B. 2009. Planificación y diseño de modulo demostrativo de riego presurizado (goteo, aspersion, microaspersión) en el centro experimental Canaán, 2,260 m.s.n.m. Ayacucho. Tesis para optar Ing. Agrónoma. Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga. Ayacucho – Perú.
- Osuna, C. y Ramírez, R. 2013. Manual para cultivar cebolla con fertirriego y gravedad en el estado de Morales. Libro técnico N° 12. Primera edición. Morelos-México.
- Pizarro Cabello, F. 1990. Riego localizado de alta frecuencia (RLARF) goteo, microaspersión, exudación. 2° edición. Madrid – España: Ediciones Mundi-Prensa.

- Roman, V. 2014. Adaptación y rendimiento de 18 cultivares de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) En tres pisos altitudinales – Ayacucho. Tesis Ing. Agrónomo. Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga. Ayacucho – Perú.
- Salvadí, D, 1996. Planificación de Riego parte I. Riego por Goteo, Ministerio de Agricultura. Estado de Israel. Centro de Cooperación Internacional para el Desarrollo Agrícola (CINADCO).
- Tapia, M. Y Canahua, A. 2014. Razas de quinuas del Perú. Lima – Perú: ANPE y CONCYTEC.
- Tineo, A, 2014. El diseño 03 de julio (Aplicaciones agronómicas). Ayacucho – Perú.
- Tineo, A, 2012. El análisis funcional de la varianza. Ayacucho – Perú.
- Ticona, A. (2013). Determinación del bulbo húmedo con goteo de diferente caudal en dos suelos, la Molina – Lima y Viru – Trujillo. Tesis Ing. Agrícola. Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima – Perú.
- Vásquez, Absalón. 2,000. Manejo de Cuencas Altoandinas. Tomos I, II. Lima – Perú. Editorial FIRMART - S.A.C
- Vidal, A., M. 1997 al 2012. Investigación en quinua INIA 431-Altiplano. Puno – Perú. Estación experimental Agraria –EEA-Illpa.

ANEXOS

Anexo 1. Reporte del análisis de caracterización del suelo del C.E. Canaán (pretesis quinua amarillo)



MULTISERVICIOS "AGROLAB"
INGENIEROS TRABAJANDO POR UN AGRO SOSTENIBLE
 LABORATORIO DE ANALISIS DE SUELOS, PLANTAS, AGUAS Y FERTILIZANTES

ASESORIA Y CAPACITACION EN EVALUACION,
 MUESTREO DE SUELOS, INTERPRETACION DE
 RESULTADOS DEL ANALISIS AGRICOLA, USO,
 MANEJO Y CONSERVACION DE SUELOS

ANALISIS DE SUELOS: CARACTERIZACION

Solicitante: Sr. Román Urbano

Departamento: Ayacucho

Fecha: 23-05-14

Provincia: Huamanga

Distrito: San Juan Bautista

Numero de muestra		pH (1:2.5)	C.E. dS.m ⁻¹	CO ₃ ⁻ %	Nt %	MO %	P ppm	K ppm	Analisis Mecanico			Clase Textural	CIC	Cationes cambiabiles					% Sat. De Bases
Lab	Campo								Arena	Limo	Arcilla			Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	K ⁺	Na ⁺	Al ⁺³ + H ⁺	
									%	%	%			Cmol (+).kg ⁻¹					
4565	Canaan	8.23	0.12	4.27	0.11	2.12	15.46	269	40	18	42	Ar.	12.91	5.56	6.04	1.25	0.06	0.00	100

AGROLAB
 LABORATORIO DE ANALISIS DE SUELOS,
 PLANTAS, AGUAS Y FERTILIZANTES
 M. Sc. Ing. MARILEN CERDA GÓMEZ
 RESPONSABLE DE LABORATORIO

A= arena, A.Fr= Arena franca; Fr.A.= Franco arenoso; Fr= Franco; Fr.L =Franco limoso; L=Limoso; FrArA= Franco arcillo arenoso; FrAr= Franco arcilloso; FrArL=Franco arcillo limoso; ArA= Arcillo arenoso; ArL = Arcillo limoso; Ar = Arcilloso.

Urbanización Mariscal Cáceres Manzana G-12.

Celular: 966938028, 966631889 RPM *758028, *751889

e-mail: agrolab01@yahoo.es

Fuente: MuLiservicios "AGROLAB"

Anexo 2. Reporte del análisis de caracterización del suelo del C.E. Canaán (tesis quinua negra)



MULTISERVICIOS AGROLAB

INGENIEROS TRABAJANDO POR UN AGRO SOSTENIBLE

LABORATORIO DE ANÁLISIS DE SUELOS, PLANTAS, AGUAS Y FERTILIZANTES

ANÁLISIS DE SUELOS : CARACTERIZACIÓN

ASESORIA Y CAPACITACION EN EVALUACION,
MUESTREO DE SUELOS, INTERPRETACION DE
RESULTADOS DEL ANALISIS AGRICOLA, USO,
MANEJO, CONSERVACION Y RECUPERACION
DE SUELOS.

1050005

Solicitante: Sr. Román Urbano Huicho

Departamento: Ayacucho

Provincia: Huamanga

Distrito: Mariscal Cáceres

Fecha: 16 – 03 – 15

Lab	Numero de muestra Campo	pH (1:2.5)	C.E. dS.m ⁻¹	CO ₃ ⁻ %	Nt %	MO %	P ppm	K ppm	Análisis Mecánico			Clase Textural	CIC	Cationes cambiabiles					% Sat. De Bases
									Arena %	Limo %	Arcilla %			Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	K ⁺	Na ⁺	Al ³⁺ + H ⁺	
4875	C.E.Canaan- UNSCH	8.11	0.015	1.87	0.15	3.57	36.7	213	40	17	43	Fr.	19.12	12.39	5.92	0.66	0.15	0.00	100

AGROLAB
LABORATORIO DE ANÁLISIS DE SUELOS,
PLANTAS, AGUAS Y FERTILIZANTES
M. Sc. Ing. MARILENI CERDA GÓMEZ
RESPONSABLE DEL LABORATORIO

A = arena, **A.Fr** = Arena franca; **Fr.A.** = Franco arenoso; **Fr** = Franco; **Fr.L** = Franco limoso; **L** = Limoso; **FrArA** = Franco arcillo arenoso; **FrAr** = Franco arcilloso; **FrArL** = Franco arcillo limoso; **ArA** = Arcillo arenoso; **ArL** = Arcillo limoso; **Ar** = Arcilloso.

📍 Urb. Mariscal Cáceres Mz. "G-12" - Ayacucho / ☎ (066) 312049 - 📠 966938028 - 966631889 / RPM: *758028; *751889 / ✉ agrolab01@yahoo.es

Anexo 3. Reporte del análisis de físico de suelo del C.E Canaán



MULTISERVICIOS "AGROLAB"
INGENIEROS TRABAJANDO POR UN AGRO SOSTENIBLE
LABORATORIO DE ANALISIS DE SUELOS, PLANTAS, AGUAS Y FERTILIZANTES

ASESORIA Y CAPACITACION EN EVALUACION, MUESTREO DE SUELOS, INTERPRETACION DE RESULTADOS DEL ANALISIS AGRICOLA, USO, MANEJO Y CONSERVACION DE SUELOS

ANALISIS FÍSICO DE SUELOS

Solicitante: Sr. Román Urbano

Proyecto:

Departamento: Ayacucho

Provincia: Huamanga

Distrito: San Juan Bautista

Altitud: 2750| msnm

Coordenadas:

Fecha: 23-05-14

Nº Laboratorio	AS 10372
Nº Campo	Canaán
Capacidad de campo (%)	27.51
Punto de marchites (%)	14.94
Densidad aparente (g.cc ⁻¹)	1.19
Arena (%)	40
Limo (%)	18
Arcilla (%)	42
Clase textural	Arcilloso

AGROLAB
LABORATORIO DE ANALISIS DE SUELOS,
PLANTAS, AGUAS Y FERTILIZANTES
[Firma]
M. Sc. ING. MARILÉN CERDA GOMEZ
RESPONSABLE DE LABORATORIO

Urb. Mariscal Cáceres Mz. G-12.

Celular: 966938028, 966631889 RPM *758028; *751889

e-mail: agrolab01@yahoo.es

Fuente: Multiservicios "AGROLAB"

Anexo 4. Reporte del análisis de agua del canal de riego C.E Canaán



MULTISERVICIOS "AGROLAB"
INGENIEROS TRABAJANDO POR UN AGRO SOSTENIBLE
LABORATORIO DE ANALISIS DE SUELOS, PLANTAS, AGUAS Y FERTILIZANTES

ASESORIA Y CAPACITACION EN EVALUACION, MUESTREO DE SUELOS, INTERPRETACION DE RESULTADOS DEL ANALISIS AGRICOLA, USO, MANEJO Y CONSERVACION DE SUELOS

ANALISIS DE AGUA

SOLICITANTE: Sr. Román Urbano

PROYECTO:

FUENTE: Canaán

ALTITUD: 2750 msnm

DEPARTAMENTO: Ayacucho

PROVINCIA: Huamanga

DISTRITO: San Juan Bautista

FECHA DE MUESTREO: 12-05-14

FECHA DE RESULTADOS: 23-05-14

Nº Laboratorio	A0333
Nº Campo	Canaán
pH	7.07
C.E. ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	89.00
Cationes (meq/l)	
Calcio	0.50
Magnesio	0.22
Potasio	0.06
Sodio	0.28
SUMA DE CATIONES	1.06
Aniones (meq/l)	
Nitratos	0.00
Carbonatos	0.00
Bicarbonatos	0.71
Sulfatos	0.03
Cloruros	0.28
SUMA DE ANIONES	1.00
Na (%)	26.41
RAS	0.46
Sales Solubles Totales (ppm)	56.95
Clasificación	C1-S1*

* Se trata de una muestra de salinidad baja, apta para el riego, en todos los casos.

AGROLAB
LABORATORIO DE ANALISIS DE SUELOS,
PLANTAS, AGUAS Y FERTILIZANTES
M. Sc. Ing. **MARLENI CERDA GÓMEZ**
RESPONSABLE DE LABORATORIO


Urb. Mariscal Cáceres Mz. G-12.

Celular: 966938028, 966631889 RPM *758028; *751889

e-mail: agrolab01@yahoo.es

Fuente: Multiservicios "AGROLAB"

Anexo 5. Reporte del análisis de trazabilidad de Quinoa negra - C.E Canaán.



Distributieweg 1
2645 EG Delfgauw
Tel. : +31 (0)15 2572511
Fax : +31 (0)15 2572522
Mail: info@agrocontrol.nl

Informe de análisis

APOQUA

Informe

Código de informe : C5485097 Muestreo por : no por GAC Número de páginas : 1
 Código de muestra : BSG160905097 Ubic. Muestra : -
 Fecha de informe : 20-11-2015 Cliente nr : 8395
 Fecha recibido : 22-11-2015 Ubicación : Agrolab Company SAC
 Métodos de análisis : GC-MSMS (A123), LC-MSMS (A123)

Información de la muestra


Producto : Quinoa
 Variedad : Negra collana
 Proveedor : -
 País de origen : Perú
 Código de cliente : 16203614
 Código seguimiento : Lote: QBR-1-RB
 Los resultados de este informe vienen dados sólo para la muestra analizada

Resultados de análisis residual

Método	Compuesto	Unidades	Concentración	MRL EU	MRL% EU	ARID% NL	ARID% DE*
GC-MSMS	No						
LC-MSMS	No						
Número de sustancias activas: 0				Suma			

Los componentes analizados y sus límites de cuantificación se encuentran en la lista de análisis de pesticidas de GAC Cereales versión 1.0 , www.agrocontrol.nl

El director



Dr. J.B.A. van Tol

*No: no se detecta residuo por encima del límite de cuantificación (LOQ) dado para este método.
 *C: no se detecta residuo por encima del límite de cuantificación (LOQ) dado para este método.

La reproducción parcial de esta información sólo está permitida bajo permiso por escrito.

Los términos de envío se encuentran en la Cámara de Comercio de Haaglanden, nr. 27284457

Fuente: Laboratorio "Groen Agro Control"

Anexo 6. Registro de temperaturas máximas mensuales (°C)



GOBIERNO REGIONAL DE AYACUCHO
GERENCIA REGIONAL DE INFRAESTRUCTURA
RED HIDROMETEOROLOGICA



Estación : INIA
Distrito : Andrés Avelino Cáceres Dorregaray
Provincia : Huamanga
Departamento : Ayacucho

Altitud : 2735 msnm
Latitud : 13° 23' 0" S
Longitud : 74° 21' 7" O

AÑO	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	PROMEDIO
ENERO	22.8	22.7	25.9	25.7	25.8	21.0	21.0	23.0	23.2	24.1	24.0	22.6	23.6	24.2	24.0	23.6
FEBRERO	22.2	23.4	22.3	23.9	20.5	21.5	20.5	23.0	23.8	24.2	25.1	10.8	22.6	23.0	24.7	22.1
MARZO	22.0	21.3	23.7	22.7	20.5	20.5	20.5	23.2	23.9	23.6	25.1	20.4	22.8	23.9	23.7	22.5
ABRIL	23.2	23.9	24.2	23.5	20.5	21.5	21.5	21.0	24.3	24.0	26.0	22.6	23.7	25.5	24.4	23.3
MAYO	24.3	24.6	24.7	24.1	21.6	22.2	20.5	20.5	25.4	25.0	25.9	23.6	24.4	24.1	25.2	23.7
JUNIO	23.5	23.3	24.3	24.5	19.5	21.5	20.5	22.5	24.9	25.2	25.8	24.0	23.9	23.3	S/D	23.3
JULIO	22.8	23.3	22.8	24.3	20.5	22.5	21.5	20.5	25.2	24.6	26.3	23.8	24.2	22.5	S/D	23.2
AGOSTO	24.0	23.5	23.7	24.3	20.0	23.5	23.0	21.0	26.5	26.3	26.5	24.6	24.2	24.3	S/D	24.0
SEPTIEMBRE	26.1	25.0	24.2	25.1	22.0	25.0	22.0	23.0	26.8	27.0	25.3	24.4	24.5	25.6	S/D	24.7
OCTUBRE	24.7	26.3	26.0	27.8	21.5	24.0	23.1	26.7	26.3	27.6	25.8	24.4	26.2	24.8	S/D	25.4
NOVIEMBRE	27.6	26.8	25.3	28.1	20.5	24.0	22.0	27.0	27.7	26.4	26.7	25.5	26.1	26.1	S/D	25.7
DICIEMBRE	25.6	25.8	25.4	25.8	20.0	23.6	23.1	25.2	25.9	25.2	S/D	22.1	22.5	23.5	S/D	24.1

S/D: sin dato

Fuente: Elaboración propio

Anexo 7. Registro de temperaturas medias mensuales (°C)



GOBIERNO REGIONAL DE AYACUCHO
GERENCIA REGIONAL DE INFRAESTRUCTURA
RED HIDROMETEOROLOGICA



Estación : INIA
Distrito : Andrés Avelino Cáceres Dorregaray
Provincia : Huamanga
Departamento : Ayacucho

Altitud : 2735 msnm
Latitud : 13° 23' 0" S
Longitud : 74° 21' 7" O

AÑO	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	PROMEDIO
ENERO	17.2	16.9	18.4	18.8	18.7	14.0	15.0	23.0	17.4	17.9	17.7	15.5	17.1	17.3	17.4	17.48
FEBRERO	16.5	17.5	16.9	17.9	14.7	15.5	14.9	23.0	17.2	17.8	18.0	7.8	16.5	17.4	17.9	16.63
MARZO	16.4	16.0	17.6	16.9	10.3	14.4	14.6	23.2	17.0	17.6	18.3	15.5	16.1	17.6	17.1	16.57
ABRIL	15.9	16.1	17.1	16.1	12.4	13.2	13.2	21.0	16.3	16.7	17.5	16.1	17.1	17.4	17.1	16.20
MAYO	15.5	15.9	15.7	16.4	10.8	13.6	12.7	20.5	15.5	15.7	16.3	15.6	16.1	16.5	17.0	15.58
JUNIO	15.4	14.4	15.3	14.6	11.3	11.5	11.5	22.5	15.1	14.6	15.4	15.1	15.2	15.9	S/D	14.83
JULIO	14.7	15.0	14.9	14.3	12.5	12.1	11.6	20.5	14.9	15.0	14.9	16.6	15.1	14.8	S/D	14.77
AGOSTO	16.0	14.8	15.4	15.6	10.8	13.7	12.7	21.0	16.5	16.0	15.7	16.2	15.5	15.9	S/D	15.42
SEPTIEMBRE	17.5	17.1	17.1	15.3	14.0	15.5	22.0	23.0	17.4	18.0	16.7	16.9	16.6	17.4	S/D	17.46
OCTUBRE	17.4	18.5	18.6	17.4	13.9	15.9	23.1	18.3	18.4	18.6	17.6	16.8	18.3	17.8	S/D	17.89
NOVIEMBRE	18.6	19.1	18.2	17.0	14.9	16.4	22.0	18.4	19.1	18.7	17.8	17.4	18.6	18.4	S/D	18.18
DICIEMBRE	18.1	18.6	18.6	16.9	14.0	16.5	23.1	17.8	18.4	18.2	S/D	16.3	16.9	17.0	S/D	17.71

S/D: sin dato

Fuente: elaboración propio

Anexo 8. Registro de temperaturas mínimas mensuales (°C)



GOBIERNO REGIONAL DE AYACUCHO
GERENCIA REGIONAL DE INFRAESTRUCTURA
RED HIDROMETEOROLOGICA



Estación : INIA
Distrito : Andrés Avelino Cáceres Dorregaray
Provincia : Huamanga
Departamento : Ayacucho

Altitud : 2735 msnm
Latitud : 13° 23' 0" S
Longitud : 74° 21' 7" O

AÑO	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	PROMEDIO
ENERO	11.6	11.0	10.9	12.0	11.6	7.0	9.0	S/D	11.6	11.6	11.3	8.4	10.6	10.3	10.7	10.5
FEBRERO	10.8	11.5	11.5	11.9	8.8	9.4	9.2	S/D	10.6	11.4	10.9	4.9	10.4	11.8	11.1	10.3
MARZO	10.9	10.7	11.5	11.0	0.0	8.2	8.6	S/D	10.2	11.6	11.5	10.6	9.5	11.2	10.6	9.7
ABRIL	8.6	8.4	10.0	8.7	4.2	4.8	4.8	S/D	8.2	9.5	9.0	9.6	10.5	9.2	9.7	8.2
MAYO	6.7	7.2	6.8	8.8	0.0	5.0	4.8	S/D	5.6	6.3	6.7	7.6	7.8	8.9	8.8	6.5
JUNIO	7.3	5.6	6.2	4.7	3.0	1.4	2.4	S/D	5.3	4.0	5.1	6.1	6.5	8.4	S/D	5.1
JULIO	6.6	6.7	7.1	4.4	4.4	1.6	1.6	S/D	4.6	5.4	3.5	9.3	5.9	7.0	S/D	5.2
AGOSTO	8.1	6.1	7.0	6.9	1.6	3.8	2.4	S/D	6.6	5.7	4.8	7.9	6.8	7.5	S/D	5.8
SEPTIEMBRE	8.9	9.2	10.0	5.4	6.0	6.0	S/D	S/D	8.0	9.1	8.1	9.4	8.7	9.1	S/D	8.2
OCTUBRE	10.2	10.8	11.1	7.0	6.2	7.8	S/D	9.9	10.4	9.6	9.5	9.2	10.3	10.7	S/D	9.4
NOVIEMBRE	9.5	11.5	11.1	5.8	9.2	8.8	S/D	9.8	10.5	10.9	9.0	9.4	11.1	10.6	S/D	9.8
DICIEMBRE	10.6	11.3	11.7	8.0	8.0	9.4	S/D	10.4	10.9	11.3		10.4	11.3	10.4	S/D	10.3

S/D: sin dato

Fuente: elaboración propio

Anexo 9. Registro mensual de la humedad relativa media (%)



GOBIERNO REGIONAL DE AYACUCHO
GERENCIA REGIONAL DE INFRAESTRUCTURA
RED HIDROMETEOROLOGICA



Estación : INIA
Distrito : Andrés Avelino Cáceres Dorregaray
Provincia : Huamanga
Departamento : Ayacucho

Altitud : 2735 msnm
Latitud : 13° 23' 0" S
Longitud : 74° 21' 7" O

AÑO	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	PROMEDIO
ENERO	S/D	S/D	S/D	S/D	80.1	75.5	79.7	82.1	81.7	79.8
FEBRERO	S/D	S/D	S/D	S/D	79.7	79.4	89.0	83.9	82.3	82.8
MARZO	S/D	S/D	S/D	S/D	78.2	82.8	90.8	82.3	84.4	83.7
ABRIL	S/D	S/D	S/D	S/D	74.8	78.5	84.5	75.0	78.0	78.1
MAYO	S/D	S/D	S/D	75.4	75.0	75.0	76.1	75.6	75.2	75.4
JUNIO	S/D	S/D	S/D	76.3	64.4	71.5	74.2	74.2	S/D	72.1
JULIO	S/D	S/D	S/D	77.3	65.5	64.9	70.5	76.0	S/D	70.8
AGOSTO	S/D	S/D	S/D	68.8	61.0	64.3	64.5	71.1	S/D	65.9
SEPTIEMBRE	S/D	S/D	S/D	69.8	69.0	67.0	68.1	67.8	S/D	68.3
OCTUBRE	S/D	S/D	S/D	69.1	66.4	67.7	71.0	74.1	S/D	69.7
NOVIEMBRE	S/D	S/D	S/D	71.0	62.0	71.0	75.3	71.5	S/D	70.1
DICIEMBRE	S/D	S/D	S/D	76.7	73.4	78.7	83.9	79.8	S/D	78.5

S/D: sin dato

Fuente: Elaboración propio

Anexo 10. Registro de la velocidad del viento mensual



GOBIERNO REGIONAL DE AYACUCHO
GERENCIA REGIONAL DE INFRAESTRUCTURA
RED HIDROMETEOROLOGICA



Estación : INIA
Distrito : Andrés Avelino Cáceres Dorregaray
Provincia : Huamanga
Departamento : Ayacucho

Altitud : 2735 msnm
Latitud : 13° 23' 0" S
Longitud : 74° 21' 7" O

AÑO	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	PROMEDIO	Velocidad viento en Km/día
ENERO	0.5	0.5	0.7	0.8	S/D	S/D	S/D	S/D	0.9	0.8	0.8	0.5	1.9	1.9	2.1	1.0	90.6
FEBRERO	0.6	0.4	0.6	0.4	S/D	S/D	S/D	S/D	0.6	0.5	0.4	1.0	1.5	1.9	1.8	0.9	76.4
MARZO	S/D	0.5	0.7	0.3	S/D	S/D	S/D	S/D	0.5	0.4	0.3	0.5	1.0	2.0	1.8	0.8	69.7
ABRIL	0.6	0.4	S/D	0.3	S/D	S/D	S/D	S/D	0.5	0.3	0.3	0.4	1.5	1.9	1.8	0.8	67.9
MAYO	0.3	0.5	S/D	0.2	S/D	S/D	S/D	S/D	0.3	0.4	0.3	0.5	1.7	1.9	1.5	0.8	67.2
JUNIO	0.4	0.3	S/D	0.1	S/D	S/D	S/D	S/D	0.3	0.1	0.1	0.1	1.6	2.2	S/D	0.6	50.6
JULIO	0.6	0.6	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	0.2	0.3	0.2	0.2	1.6	2.0	S/D	0.7	60.2
AGOSTO	0.5	0.7	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	0.4	0.7	0.3	0.6	1.8	1.8	S/D	0.8	72.1
SEPTIEMBRE	0.8	0.8	0.9	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	0.8	0.6	0.6	0.6	2.1	2.3	S/D	1.1	90.8
OCTUBRE	0.7	1.0	0.7	S/D	S/D	S/D	S/D	1.0	0.7	0.6	0.6	1.2	2.3	2.2	S/D	1.1	93.5
NOVIEMBRE	0.7	0.7	0.7	S/D	S/D	S/D	S/D	1.0	0.9	0.6	0.8	0.7	2.4	2.8	S/D	1.1	98.2
DICIEMBRE	S/D	S/D	0.4	S/D	S/D	S/D	S/D	0.8	0.7	0.6	1.2	1.5	2.3	2.0	S/D	1.2	102.0

S/D: sin dato

Fuente: elaboración propio

Anexo 11. Registro de nubosidad en octavos



GOBIERNO REGIONAL DE AYACUCHO
GERENCIA REGIONAL DE INFRAESTRUCTURA
RED HIDROMETEOROLOGICA



Estación : INIA
Distrito : Andrés Avelino Cáceres Dorregaray
Provincia : Huamanga
Departamento : Ayacucho

Altitud : 2735 msnm
Latitud : 13° 23' 0" S
Longitud : 74° 21' 7" O

AÑO	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	MEDIA
ENERO	6.8	S/D	S/D	5.8	5.6	S/D	S/D	S/D	7.3	6.3	6.3	6.2	5.9	6.0	4.4	6.0
FEBRERO	6.4	S/D	S/D	6.4	S/D	S/D	S/D	S/D	6.1	6.1	6.1	7.0	6.5	6.7	5.7	6.3
MARZO	6.3	S/D	S/D	6.2	S/D	S/D	S/D	S/D	5.6	6.0	6.0	6.1	6.1	5.5	5.0	5.8
ABRIL	4.5	S/D	S/D	4.3	S/D	S/D	S/D	S/D	3.5	3.9	3.9	4.2	4.6	2.4	3.8	3.9
MAYO	2.5	S/D	S/D	3.1	S/D	S/D	S/D	S/D	1.8	2.7	2.7	2.4	2.6	3.1	3.7	2.7
JUNIO	3.4	S/D	S/D	1.6	S/D	S/D	S/D	S/D	2.0	1.9	1.9	1.9	2.0	3.2	S/D	2.2
JULIO	3.3	S/D	S/D	1.8	S/D	S/D	S/D	S/D	1.4	2.6	2.6	2.2	1.9	2.7	S/D	2.3
AGOSTO	3.5	S/D	S/D	3.4	S/D	S/D	S/D	S/D	2.6	1.7	1.7	2.2	1.8	2.6	S/D	2.5
SEPTIEMBRE	3.7	S/D	2.6	4.1	S/D	S/D	S/D	S/D	3.2	3.0	3.0	3.3	3.1	2.8	S/D	3.2
OCTUBRE	5.1	S/D	2.6	2.8	S/D	S/D	S/D	5.4	4.4	3.6	3.6	5.0	3.7	4.7	S/D	4.1
NOVIEMBRE	3.8	S/D	2.9	4.1	S/D	S/D	S/D	3.9	4.3	5.5	5.5	4.8	4.3	4.0	S/D	4.3
DICIEMBRE	5.7	S/D	3.2	6.3	S/D	S/D	S/D	S/D	5.2	5.5	4.8	6.1	6.5	6.0	S/D	5.5

S/D: sin dato

Fuente: Elaboración propio

Anexo 12. Análisis de costos y rentabilidad de la quinua

Variedad : Negra Collana (INIA – 420)
Nivel tecnológico : Alto
Periodo vegetativo : 158 días
Fecha de costeo : 06/04/2015
Extensión : 942 m²

ACTIVIDAD	UNIDAD DE MEDIDA	Nº DE UNIDAD	VALOR UNITARIO (S/.)	COSTO TOTAL (S/.)
I- COSTOS DIRECTOS				
A. GASTOS DE CULTIVO				
A.1 Tendido de mangueras cintas				
- desenrollado y tendido	Jor.	2.00	25.00	50.00
- Anclado, fijado y descoles de cintas	Jor.	0.50	25.00	12.50
A.2 Siembra				
- siembra	Jor.	1.00	25.00	25.00
- 1er Abonamiento y aplicación de	Jor.	0.50	25.00	12.50
A.H - Tapado de semilla	Jor.	0.50	25.00	12.50
A.3 Labores Culturales				
- Riego	Jor.	3.00	25.00	75.00
- Desahije	Jor.	4.00	25.00	100.00
- 2do. Abonamiento	Jor.	1.00	25.00	25.00
- 1° escarda	Jor.	1.50	25.00	37.50
- Aporque	Jor.	1.50	25.00	37.50
- 2° escarda	Jor.	1.50	25.00	37.50
A.4 Control Fitosanitario				
- Aplicación pesticidas	Jor.	3.00	25.00	75.00
- Combustible	gl	0.70	13.00	9.10
- Aditivo	und	2.00	1.50	3.00
- Alquiler de mochila	und	6.00	2.50	15.00
A.5 Cosecha y poscosecha				
- cegado	jor	5.00	25.00	125.00
- seleccionado	jor	1.00	25.00	25.00
- trillado	jor	4.00	25.00	100.00
- venteado	jor	2.00	25.00	50.00
- Costales vacíos	und	6.00	1.60	9.60
- Ensacado	jor	0.50	25	12.50
- Rafia	und	1.00	1.00	1.00
- Agujarriero	und	1.00	1.00	1.00
- Malla arpillera	mt	10.00	7.50	75.00
- compra de hoces	und	2.00	10.00	20.00
- Plastico	mt	10.00	5.70	57.00
A.6 Maquinaria agricola				
2.1 Aradura	h/m	0.25	50.00	12.50
2.2 Rastra y nivelado	h/m	0.25	50.00	12.50
SUB-TOTAL DE GASTOS DE CULTIVO				1028.20
B. GASTOS DE INSUMOS Y QUIMIFICACIÓN				
B.1 Semilla	kg	0.75	10.00	7.50
B.2 Fertilizantes (79-43-88-8-2-18-1.5)				

- urea	kg	12.00	1.80	21.60
- Fosfato Di Amónico	kg	5.00	2.00	10.00
- Cloruro de Potasio	kg	7.00	2.00	14.00
- Nitrato de amonio	kg	1.50	2.00	3.00
- Nitrato de calcio	kg	3.00	2.40	7.20
- Ácido fosforico	kg	2.85	3.40	9.69
-Sulfato de potasio	kg	7.95	3.84	30.53
-Sulfato de magnesio	kg	1.17	2.00	2.34
-Sulfato de zinc	kg	0.60	1.60	0.96
-Guano de isla (guanozil)	sac	2.00	40.00	80.00
-Ácido húmico	kg	34.00	3.20	108.80
B.3 Pesticidas y foliares				
- Baytroide	l	0.021	80.00	1.68
- Cube	kg	0.169	50.00	8.45
- Kinetec	l	0.036	175.00	6.30
- Tifon	l	0.135	64.00	8.64
- Metarrach	kg	0.169	80.00	13.52
- Amidor	l	0.045	80.00	3.60
- Orgabiol	l	0.229	130.00	29.77
- Ridomil Gold	kg	0.388	92.00	35.70
- Sulfa	kg	1.000	24.00	24.00
- Agrostemin	l	0.300	135.00	40.50
- Serenade	l	0.277	90.00	24.93
- Lanate	kg	0.055	100.00	5.50
- Link	l	0.014	150.00	2.10
- Sulfato de zinc	kg	0.100	1.60	0.16
- Sulfato de potasio	kg	0.350	3.84	1.34
- Break thru	l	0.014	175.00	2.45
B.5 Quimificacion inyeccion				
- Ac. Humico tiza	l	0.500	35.00	17.50
- Regulador de crecimiento RHOTOR	l	0.125	45.00	5.63
- Ac. Fulvico FULVOXIL	l	0.10	25.00	2.50
- Fer. Lquido promet Ca	l	0.25	45.00	11.25
- Ac. Humico HUMIFAR	l	1.00	20.00	20.00
SUB-TOTAL DE GASTOS DE INSUMOS Y QUIM.				561.13
C. GASTOS DE RIEGO, CONTRUCCIÓN E INSTAL.				
C.1 materiales de riego				
- Válvula de pie 2"	pza	1.00	45.00	45.00
- Geomembrana PVC 112 m2	m2	112.00	14.00	1568.00
- Cilindro de PVC 200lt	und	4.00	90.00	360.00
- Codo 90° 63 x 63 HDPE	pza	2.00	27.00	54.00
- Enlace R/M 63 x 2"	pza	3.00	25.00	75.00
- Union universal 2" PVC	pza	1.00	10.00	10.00
- Electrobomba centrifuga 2 HP	und	1.00	900.00	900.00
- Niple 10 cm R/M 2" PVC	pza	2.00	4.00	8.00
- Codo 90° PVC 2 "	pza	1.00	12.00	12.00
- Collarin de toma 63 x 1"	pza	7.00	12.00	84.00
- Collarin de toma 63 x 2"	pza	1.00	12.00	12.00
- Válvula de bola R/H 2 x 2"	pza	1.00	25.00	25.00
- Válvula de bola R/H 1 x 1"	pza	7.00	10.00	70.00
- Niple 10 cm R/M 1" PVC	pza	9.00	2.50	22.50
- Niple 20 cm R/M 1" PVC	pza	3.00	5.00	15.00

- Codo 90° pVC 1 "	pza	4.00	3.00	12.00
- Union universal 1" PVC	pza	1.00	5.00	5.00
- Inyector venturi 3/4 "	pza	2.00	150.00	300.00
- Niple 50 cm R/M 2" PVC	pza	2.00	12.00	24.00
- Manguito PP 2 x 2"	pza	2.00	6.00	12.00
- Filtro de anillo 120 mesh 2"	pza	1.00	120.00	120.00
- Manometro de glicerina 4 bares	pza	2.00	60.00	120.00
- Union galvanizado 1/8" R/H	pza	2.00	5.00	10.00
- Bridas metalicas de 4 pernos 2"	pza	2.00	40.00	80.00
- Caudalimetro DOROT 15 m3/hora 2"	pza	1.00	850.00	850.00
- Tee R/H 32 x 1" x 32 mm	pza	1.00	15.00	15.00
- Busching metalico 1 x 1/2"	pza	1.00	8.00	8.00
- Busching PVC 1/2" x 1/8"	pza	1.00	4.00	4.00
- Enlace tapon 32 mm	pza	2.00	8.00	16.00
- Collarin tom 32 x 32mm	pza	2.00	8.00	16.00
- Válvula de bola PVC 1"	pza	2.00	10.00	20.00
- Codo dentado R/M 1"	pza	2.00	4.50	9.00
- Cruz metalico R/H 1"	pza	1.00	12.00	12.00
- Tapon metálico 1" (tapon del cebador)	pza	1.00	4.00	4.00
- Rollo de manguera 32 mm	rll	1.00	50.00	50.00
- Rollo de manguera 63 mm	rll	1.00	420.00	420.00
- Rollo cinta de goteo	rll	1.00	650.00	650.00
- Teflón	und	10.00	1.00	10.00
- Formador de empaque 1/8	und	1.00	8.00	8.00
- Pegamento azul 250 ml	und	1.00	20.00	20.00
- Conector inicial + aro de goma 16mm	pza	38.00	1.00	38.00
- Union cinta - cinta	pza	5.00	1.00	5.00
- Válvula ramal MAG - MAG 16mm	pza	38.00	2.50	95.00
- Balde vacio de 20 lt	und	5.00	4.00	20.00
- Retazos de tubos 315 mm	m2	2.00	10.00	20.00
C.2 construccion del cabezal de riego				
- Calaminas 3.60m x	und	3.00	22.00	66.00
- Rolliso de eucalipto 3 x 4"	m	3.00	16.00	48.00
- Clavo con cabeza de 4"	kg	1.00	4.50	4.50
- Ladrillos de construccion	mll	0.50	340.00	170.00
- Varillas de fierro 1/2"	und	11.00	28.00	308.00
- Bolsas de cemento	und	17.00	18.00	306.00
- Arena de acentar	m3	1.00	60.00	60.00
- Fierro corrugado de 1/2"	var	8.00	22.00	176.00
- Arena fina para tarrageo	m3	1.00	75.00	75.00
- Puerta metalica	und	1.00	250.00	250.00
- Ventanas con alambre galvanizadas	ser	1.00	300.00	300.00
- Tarrageado	m2	30.00	12.00	360.00
- Mano de obra	ser	1.00	700.00	700.00
- Hormigon	m3	2.30	45.00	103.50
- Varillas de fierro para estribo 3/8"	und	11.00	14.00	154.00
C.3 Construcción del reservorio y filtros caseros				
- Escavado del reservorio	jor	30.00	30.00	900.00
- Preparación del filtro casero	jor	1.00	40.00	40.00
- Preparación del prefiltro + hidrociclon casero	jor	2.00	40.00	80.00

- Escavado de zanja para purga	jor	3.00	40.00	120.00
- Union de geobrembrana y tendido.	jor	1.00	40.00	40.00
- Instalación de de los accesorios del cabezal	jor	3.00	40.00	120.00
- Instalacion de la red primaria y arco de riego	jor	1.00	40.00	40.00
SUB-TOTAL DE GASTOS DE RIEGO, CONST. E INST.				10654.50
D. GASTOS GENERALES				
1. Imprevistos (5% gastos de cultivo)				612.19
SUB-TOTAL DE GASTOS GENERALES				612.19
TOTAL DE COSTOS DIRECTOS				12856.02

II.- COSTO TOTAL DE PRODUCCIÓN

12856.02

III.- VALORIZACION DE LA COSECHA				
A. Rendimiento (Kg/942 m2)				
- Grano cosechado	kg	514.67		514.67
- Grano tricolor (segregación 16.45 %)	kg	101.33		101.33
B. Precio Promedio de Venta (Kg)				
- Grano cosechado (semilla)	kg	514.67	12	6176.04
- Grano tricolor (segregación 16.45 %)	kg	101.33	7.5	759.98
C. valor bruto de la produccion				6936.02
IV.- DISTRIBUCION DE LA PRODUCCIÓN				
A. Pérdidas y mermas (5% semilla)	kg	488.94	12	5867.24
B. Pérdidas y mermas (5% tricolor)	kg	96.26	7.5	721.98
C. Utilidad Neta Estimada				6589.21
V.- ANALISIS ECONÓMICO				
Valor Bruto de la Producción				6936.02
Costo Total de la Producción				12856.02
Utilidad Bruta de la Producción				-5920.01
Precio Promedio Venta Unitario				9.75
Costo de Producción Unitario				20.87
Margen de Utilidad Unitario				-11.12
Utilidad Neta Estimada				-6266.81
Indice de Rentabilidad (%)				-48.75
RENDIMIENTO (Tm/ha)				6539.28
UTILIDAD NETA / ha(\$)				-66526.65

Anexo 13. Fertilizantes aplicada en cultivo de quinua negra

FECHA	UREA	FOSFATO DIAMONICO	CLORURO DE POTASIO	NITRATO DE AMONIO	NITRATO DE CALCIO	ÁCIDO FOSFORICO	SULFATO DE POTASIO	SULFATO DE MAGNESIO	SULFATO DE ZINC
14/05/2015	10	5	7						
13/06/2015	1					0.5			
22/06/2015						0.35	0.7		
26/06/2015	1				0.5				
06/06/2015						0.40			
07/06/2015								0.5	
11/07/2015				1.5	0.5				
14/07/2015							0.75		
16/07/2015						0.35			
20/07/2015					0.75				
25/07/2015						0.25			
27/07/2015							0.75	0.37	
02/08/2015								0.30	0.30
06/08/2015					0.5				
09/08/2015							0.5		0.30
12/08/2015						0.3	0.75		
17/08/2015							0.75		
22/08/2015					0.75				
27/08/2015							0.75		
31/08/2015						0.35	0.75		
09/09/2015						0.4	0.75		
14/09/2015							0.75		
18/09/2015							0.75		
TOTAL Kg/942	12	5	7	1.5	3	2.85	7.95	1.170	0.6
INSUMOS Kg/942	5.52	2.30	4.20	0.50	0.78	1.71	4.13	0.19	0.14
ADITIVOS Kg/942		0.90		0.05	0.48		1.43	0.15	0.07
INSUMOS Kg/Ha	58.60	24.42	44.59	5.25	8.28	18.15	43.89	1.99	1.43
ADITIVOS Kg/Ha		9.554	0.000	0.478	5.096	0.000	15.191	1.615	0.732

RESUMEN

N	79
P2O5	43
K2O	88
CaO	8
MgO	2
S	18
Zn	1.43

Fuente: Elaboración propio

Anexo 14. Agroquímicos aplicada en cultivo de quinua negra

Fecha	Producto	Nombre Comercial	Dosis del producto		Volumen de aplicación		Vol.Pro.Comercial
			Cantidad	Unidades	lt/942 m2	Cil/ha	
27/05/2015	Insecticida	BAYTROIDE	0.125	l/cil	33.80	1.8	0.021
	Insecticida	CUBE	1.000	kg/cil			0.169
	Coadyuvante	KINETIC	0.040	l/cil			0.007
03/06/2015	Insecticida	TIFON	0.800	l/cil	33.80	1.8	0.135
	Fungicida	METARRACH	1.000	kg/cil			0.169
	Coadyuvante	KINETIC	0.040	l/cil			0.007
16/06/2015	Insecticida	AMIDOR	0.200	l/cil	45.00	2.4	0.045
	Bioestimulante	ORGABIOL	0.300	l/cil			0.068
	Fungicida	RIDOMIL GOLD	0.500	kg/cil			0.113
	Coadyuvante	KINETEC	0.045	l/cil			0.010
27/06/2015	Insecticida	AMIDOR	0.250	l/cil	50.00	2.7	0.063
	Bioestimulante	ORGABIOL	0.300	l/cil			0.075
	Fungicida	RIDOMIL GOLD	0.500	kg/cil			0.125
	Fungicida	SUIFA	1.000	kg/cil			0.250
	Coadyuvante	KINETIC	0.040	l/cil			0.010
09/07/2015	Bioestimulante	AGROSTEMIN	0.250	l/cil	63.00	3.3	0.050
	Bioestimulante	ORGABIOL	0.273	l/cil			0.086
	Fungicida	SUIFA	0.800	kg/cil			0.252
	Fungicida	SERENADE	0.880	l/cil			0.277
	Coadyuvante	KINETIC	0.030	l/cil			0.009
25/07/2015	Insecticida	LANATE	0.125	kg/cil	80.00	4.2	0.050
	Bioestimulante	AGROSTEMIN	0.625	l/cil			0.250
	Fungicida	RIDOMIL GOLD	0.375	kg/cil			0.150
	Fungicida	SURFA	1.250	kg/cil			0.500
	Coadyuvante	LINK	0.035	l/cil			0.014
29/08/2015	Fer. soluble	SUL. DE ZINC	0.222	kg/cil	90.00	4.8	0.100
	Fer. soluble	SUL. DE POTASIO	0.777	kg/cil			0.350
	Insecticida	LANATE	0.010	kg/cil			0.005
	Coadyuvante	BREAK THRU	0.030	l/cil			0.014

Fuente: Elaboración propio

Anexo 15. Volumen de agua aplicada en cultivo de quinua negra

Fecha	Lote	In. Riego (h)	Vol. Inicial (m3)	Fin. riego (h)	Vol. Final (m3)	Tiempo riego (h)	Vol. Aplicación(m3)	Tiempo Total	Vol. Total	Tiempo Acumulado	Volumen Acumulado (m3)
14/05/2015	A	15:01	4990.50	16:44	5003.25	1:43	12.75	3:26	25.50	3:26	25.50
	B	16:44	5003.25	18:27	5016.00	1:43	12.75				
15/05/2015	A	7:19	5016.00	7:39	5018.50	0:20	2.50	0:41	5.00	4:07	30.50
	B	7:39	5018.50	8:00	5021.00	0:21	2.50				
16/05/2015	A	15:20	5076.50	16:17	5083.25	0:57	6.75	1:54	13.50	6:01	44.00
	B	16:17	5083.25	17:14	5090.00	0:57	6.75				
19/05/2015	A	17:04	5178.50	17:42	5183.50	0:38	5.00	1:16	10.00	7:17	54.00
	B	17:42	5183.50	18:20	5188.50	0:38	5.00				
24/05/2015	A	11:10	5290.50	12:10	5297.50	1:00	7.00	2:00	14.00	9:17	68.00
	B	12:10	5297.50	13:10	5304.50	1:00	7.00				
31/05/2015	A	17:33	5427.00	18:11	5431.75	0:38	4.75	1:17	9.50	10:34	77.50
	B	18:11	5431.75	18:50	5436.50	0:39	4.75				
13/06/2015	A	17:53	5748.50	18:04	5749.70	0:11	1.20	0:22	2.40	10:56	79.90
	B	18:04	5749.70	18:15	5750.90	0:11	1.20				
16/06/2015	A	16:12	5845.00	16:51	5849.75	0:39	4.75	1:18	9.50	12:14	89.40
	B	16:51	5849.75	17:30	5854.50	0:39	4.75				
27/06/2015	A	7:45	6084.50	8:15	6087.85	0:30	3.35	1:00	6.70	13:14	96.10
	B	8:15	6087.85	8:45	6091.20	0:30	3.35				
01/07/2015	A	16:00	6140.50	16:30	6143.85	0:30	3.35	1:00	6.70	14:14	102.80
	B	16:30	6143.85	17:00	6147.20	0:30	3.35				
24/07/2015	A	7:54	6639.50	8:54	6647.00	1:00	7.50	2:00	14.00	16:14	116.80
	B	9:07	6647.00	10:07	6653.50	1:00	6.50				
30/07/2015	A	10:00	7041.50	11:23	7052.00	1:23	10.50	2:23	17.50	18:37	134.30
	B	11:31	7052.00	12:31	7059.50	1:00	7.00				
20/08/2015	A	14:47	7728.50	16:47	7743.50	2:00	15.00	3:47	28.00	22:24	162.30
	B	16:55	7743.50	18:42	7756.50	1:47	13.00				
25/08/2015	A	10:29	7971.30	12:09	7981.50	1:40	10.20	3:23	23.20	1:47	185.50
	B	12:09	7981.50	13:52	7994.50	1:43	13.00				

05/09/2015	A	7:35	8444.00	9:00	8454.50	1:25	10.50	2:50	21.50	4:37	207.00
	B	9:00	8454.50	10:25	8465.50	1:25	11.00				
06/09/2015	A	13:38	8547.00	15:38	8561.00	2:00	14.00	3:52	26.00	8:29	233.00
	B	15:38	8561.50	17:30	8573.50	1:52	12.00				
12/09/2015	A	10:50	8854.00	12:40	8868.50	1:50	14.50	3:40	28.00	12:09	261.00
	B	12:40	8868.50	14:30	8882.00	1:50	13.50				
16/09/2015	A	16:01	9090.50	17:01	9098.50	1:00	8.00	2:00	15.50	14:09	276.50
	B	17:01	9098.50	18:01	9106.00	1:00	7.50				
21/09/2015	A	9:04	9327.00	11:22	9343.00	2:18	16.00	5:01	34.00	19:10	310.50
	B	13:20	9343.00	16:03	9361.00	2:43	18.00				
23/09/2015	A	13:40	9441.00	17:10	9465.50	3:30	24.50	6:58	49.00	2:08	359.50
	B	16:42	9465.50	20:10	9490.00	3:28	24.50				
25/09/2015	A	7:00	9490.00	8:30	9499.50	1:30	9.50	3:00	19.00	5:08	378.50
	B	8:30	9499.50	10:00	9509.00	1:30	9.50				
28/09/2015	A	7:00	9509.00	9:00	9524.00	2:00	15.00	4:00	30.00	9:08	408.50
	B	9:00	9524.00	11:00	9539.00	2:00	15.00				
03/10/2015	A	8:00	9539.00	9:30	9548.50	1:30	9.50	3:00	19.00	12:08	427.50
	B	9:30	9548.50	11:00	9558.00	1:30	9.50				
05/10/2015	A	13:25	9726.00	15:55	9737.00	2:30	11.00	4:08	23.00	16:16	450.50
	B	16:05	9737.00	17:43	9749.00	1:38	12.00				
08/10/2015	A	7:53	9843.50	8:58	9851.50	1:05	8.00	2:26	21.50	18:42	472.00
	B	8:58	9851.50	10:19	9865.00	1:21	13.50				
10/10/2015	A	6:13	9911.50	7:34	9921.50	1:21	10.00	2:43	20.00	21:25	492.00
	B	16:33	9921.50	17:55	9931.50	1:22	10.00				
13/10/2015	A	8:36	9976.00	10:10	9987.50	1:34	11.50	3:36	27.50	1:01	519.50
	B	10:10	9987.50	12:12	10003.50	2:02	16.00				
15/10/2015	A	16:39	10031.00	18:08	10042.00	1:29	11.00	2:30	22.00	3:31	541.50
	B	18:08	10042.00	19:09	10053.00	1:01	11.00				
VOLUMEN TOTAL APLICADO											541.50

Fuente: Elaboración propio

Anexo 16. Volumen de agua aplicado vía fertirriego en cultivo de quinua negra

FECHA	LOTE	APLICACIÓN DEL FERTIRRIEGO									
		INI. RIEGO (h)	VOL. INI. (VI)	INI. INYEC. (INY)	VOL. INYEC. (VINY)	TERM. INYEC. (TINY)	VOL. INYEC. FIN (VIFm3)	TIEM. RIEGO (TR)	TIEM. ACU (TA)	VOL. APLI. (VA)	VOL. ACU. (VAC)
04/06/2015	A	13:25	5494.5	13:48	5497	14:08	5499.50	0:43	0:43	5.00	5.00
	B	14:16	5500.5	14:39	5503	15:06	5506.00	0:50	1:33	5.50	10.50
13/06/2015	A	9:28	5727	9:56	5730	10:19	5732.50	0:51	2:24	5.50	16.00
		10:19	5732.5	10:19	5732.5	10:38	5734.50	0:19	2:43	2.00	18.00
	B	11:15	5738	11:43	5741.5	12:06	5743.50	0:51	3:34	5.50	23.50
		12:06	5743.5	12:06	5743.5	12:36	5747.00	0:30	4:04	3.50	27.00
19/06/2015	A	7:43	5887.5	7:54	5889	8:19	5891.20	0:36	4:40	3.70	30.70
	B	8:44	5893.5	8:55	5895	9:20	5897.50	0:36	5:16	4.00	34.70
22/06/2015	A	16:59	5981.5	17:30	5984.5	17:50	5986.50	0:51	6:07	5.00	39.70
	B	17:55	5987.2	18:25	5990.5	18:53	5993.50	0:58	7:05	6.30	46.00
26/06/2015	A	11:40	6063.5	12:20	6068.5	12:42	6070.50	1:02	8:07	7.00	53.00
		12:42	6070.5	12:42	6070.5	13:00	6072.50	0:18	8:25	2.00	55.00
	B	14:20	6073.5	14:48	6076.5	15:15	6079.50	0:55	9:20	6.00	61.00
		15:32	6081.0	15:32	6081.0	15:51	6083.50	0:19	9:39	2.50	63.50
06/07/2015	A	9:40	6261.5	9:46	6262.5	10:10	6265.00	0:30	10:09	3.50	67.00
	B	10:17	6265.9	10:25	6266.5	10:55	6270.00	0:38	10:47	4.10	71.10
07/07/2015	A	11:20	6271	11:22	6271.5	11:42	6273.50	0:22	11:09	2.50	73.60
		11:42	6273.5	11:42	6273.5	12:07	6276.00	0:25	11:34	2.50	76.10
	B	12:29	6277	12:31	6277.5	13:07	6281.00	0:38	12:12	4.00	80.10
		13:07	6281	13:07	6281	13:37	6283.50	0:30	12:42	2.50	82.60
11/07/2015	A	13:27	6285	14:12	6291	14:32	6293.00	1:05	13:47	8.00	90.60
	B	14:52	6295	15:38	6300.5	16:04	6303.50	1:12	14:59	8.50	99.10
14/07/2015	A	8:40	6358.5	9:40	6366	9:58	6368.00	1:18	16:17	9.50	108.60
	B	10:07	6369	11:07	6376.5	11:35	6379.50	1:28	17:45	10.50	119.10
16/07/2015	A	16:40	6459.5	17:22	6465.5	17:50	6468.00	1:10	18:55	8.50	127.60
	B	18:05	6469.5	18:45	6474	19:15	6477.50	1:10	20:05	8.00	135.60
20/07/2015	A	9:24	6585.5	10:40	6594.5	11:02	6596.00	1:38	21:43	10.50	146.10
	B	11:22	6597.5	12:52	6608.5	13:16	6611.50	1:54	23:37	14.00	160.10
25/07/2015	A	7:00	6812.5	8:01	6820.5	8:20	6822.50	1:20	0:57	10.00	170.10
	B	8:56	6823.5	9:46	6829.5	10:13	6832.50	1:17	2:14	9.00	179.10
27/07/2015	A	9:00	6888	10:00	6895.5	10:20	6898.50	1:20	3:34	10.50	189.60
		10:20	6898.50	10:20	6898.50	10:40	6900.50	0:20	3:54	2.00	191.60
	B	10:50	6901.5	11:50	6909.5	12:16	6912.50	1:26	5:20	11.00	202.60

		12:16	6912.5	12:16	6912.5	12:41	6915.50	0:25	5:45	3.00	205.60
02/08/2015	A	9:55	7159.5	11:00	7166.5	11:20	7168.50	1:25	7:10	9	214.60
		11:20	7168.5	11:20	7168.5	11:44	7171.00	0:24	7:34	2.5	217.10
	B	13:10	7172.5	14:05	7179.5	14:31	7182.50	1:21	8:55	10	227.10
		14:31	7182.5	14:31	7182.5	14:58	7185.00	0:27	9:22	2.5	229.60
06/08/2015	A	8:25	7346.96	9:42	7355.5	9:59	7356.50	1:34	10:56	9.54	239.14
		9:59	7356.5	9:59	7356.5	10:19	7358.90	0:20	11:16	2.4	241.54
	B	12:33	7359.5	13:55	7370	14:15	7374.50	1:42	12:58	15	256.54
		14:15	7374.5	14:15	7374.5	14:35	7376.90	0:20	13:18	2.4	258.94
09/08/2015	A	11:32	7464.5	12:44	7473.5	13:04	7473.50	1:32	14:50	9	267.94
		13:04	7473.5	13:04	7473.5	13:24	7477.50	0:20	15:10	4	271.94
	B	14:37	7478.5	15:50	7488.5	16:15	7491.00	1:38	16:48	12.5	284.44
		16:15	7491	16:15	7491	16:44	7494.00	0:29	17:17	3	287.44
12/08/2015	A	9:55	7595.5	9:55	7595.5	10:15	7597.50	0:20	17:37	2	289.44
		10:15	7597.5	10:15	7597.5	10:23	7598.50	0:08	17:45	1	290.44
	B	10:46	7600	10:46	7600	11:15	7603.00	0:29	18:14	3	293.44
		11:15	7603	11:15	7603	11:46	7606.50	0:31	18:45	3.5	296.94
17/08/2015	A	9:32	7679.5	9:52	7682	10:12	7684.50	0:40	19:25	5	301.94
	B	11:41	7694.5	12:05	7697.5	12:32	7700.00	0:51	20:16	5.5	307.44
22/08/2015	A	17:45	7822.5	18:45	7829	19:14	7832.00	1:29	21:45	9.5	316.94
	B	19:30	7833	20:30	7841.5	21:01	7844.50	1:31	23:16	11.5	328.44
27/08/2015	A	13:25	8041.5	15:05	8053.5	15:26	8056.00	2:01	1:17	14.5	342.94
	B	15:36	8057.5	17:05	8068.5	17:36	8071.50	2:00	3:17	14	356.94
30/08/2015	A	16:18	8213	17:18	8220.5	17:38	8223.00	1:20	4:37	10	366.94
		17:38	8223	17:38	8223	18:03	8225.50	0:25	5:02	2.5	369.44
	B	18:13	8226.5	19:13	8234.5	19:39	8237.00	1:26	6:28	10.5	379.94
		19:39	8237	19:39	8237	20:10	8240.00	0:31	6:59	3	382.94
09/09/2015	A	16:05	8673.5	17:07	8681	17:27	8683.50	1:22	8:21	10	392.94
		17:27	8683.5	17:27	8683.5	17:50	8686.50	0:23	8:44	3	395.94
	B	18:00	8687.5	19:00	8595	19:27	8698.00	1:27	10:11	10.5	406.44
		19:27	8698	19:27	8698	19:54	8701.00	0:27	10:38	3	409.44
14/09/2015	A	13:56	8943.5	14:57	8951	15:23	8953.00	1:27	12:05	9.5	418.94
	B	15:33	8955	16:36	8963	17:16	8967.50	1:43	13:48	12.5	431.44
18/09/2015	A	16:49	9216	17:49	9223	18:06	9226.00	1:17	15:05	10	441.44
	B	18:20	9227.5	19:20	9235	19:45	9237.50	1:25	16:30	10	451.44

AGUA SOLO									
INI.RIEGO(IR)	VOL.INI.(CI)	FIN RIEGO(FR)	VOL. FINAL (QF)	TIEMP.RIEGO(TR)	TIEMP.ACU (TA)	VOL. RIEGO(V.R)	VOL. ACU(VA)	TIEM. TOTAL (TT)	VOL. TOTAL(VT)
14:08	5499.5	14:16	5500.5	0:08	0:08	1.00	1.00	0:51	6.00
15:06	5506	15:14	5507	0:08	0:16	1.00	2.00	0:58	6.50
10:38	5734.5	10:50	5736	0:12	0:28	1.50	3.50	1:22	9.00
12:36	5747	12:48	5748.5	0:12	0:40	1.50	5.00	1:33	10.50
8:19	5891.2	8:24	5891.9	0:05	0:45	0.70	5.70	1:17	4.40
9:20	5897.5	9:25	5898.2	0:05	0:50	0.70	6.40	0:41	4.70
17:50	5986.5	17:55	5987.2	0:05	0:55	0.70	7.10	0:56	5.70
18:53	5993.5	19:00	5994.5	0:07	1:02	1.00	8.10	1:05	7.30
13:00	6072.5	13:08	6073.5	0:08	1:10	1.00	9.10	1:28	10.00
15:51	6083.5	16:02	6084.5	0:11	1:21	1.00	10.10	1:25	9.50
10:10	6265	10:17	6265.9	0:07	1:28	0.90	11.00	0:37	4.40
10:55	6270	11:01	6270.5	0:06	1:34	0.50	11.50	0:44	4.60
12:07	6276	12:14	6277	0:07	1:41	1.00	12.50	0:54	6.00
13:37	6283.5	13:47	6285	0:10	1:51	1.50	14.00	1:18	8.00
14:32	6293	14:44	6295	0:12	2:03	2.00	16.00	1:17	10.00
16:04	6303.5	16:16	6305	0:12	2:03	1.50	17.50	1:24	10.00
9:58	6368	10:07	6369	0:09	2:12	1.00	18.50	1:27	10.50
11:35	6379.5	11:57	6381.5	0:22	2:34	2.00	20.50	1:50	12.50
17:50	6468	18:00	6469.5	0:10	2:44	1.50	22.00	1:20	10.00
19:15	6477.5	19:25	6478.5	0:10	2:54	1.00	23.00	1:20	9.00
11:02	6596	11:12	6597.5	0:10	3:04	1.50	24.50	1:48	12.00
13:16	6611.5	13:26	6612.5	0:10	3:14	1.00	25.50	2:04	15.00
8:20	6822.5	8:30	6823.5	0:10	3:24	1.00	26.50	1:30	11.00

10:13	6832.5	10:23	6833.5	0:10	3:34	1.00	27.50	1:27	10.00
10:40	6900.50	10:50	6901.5	0:10	3:44	1.00	28.50	1:50	13.50
12:41	6915.5	12:51	6916.5	0:10	3:54	1.00	29.50	2:01	15.00
11:44	7171	11:54	7172.5	0:10	4:04	1.50	31.00	1:59	13.00
14:58	7185	15:08	7186.5	0:10	4:14	1.50	32.50	1:58	14.00
10:19	7358.9	10:29	7360	0:10	4:24	1.10	33.60	2:04	13.04
14:35	7376.9	14:52	7378.5	0:17	4:41	1.60	35.20	2:19	19.00
13:24	7477.5	13:34	7478.5	0:10	4:51	1.00	36.20	2:02	14.00
16:44	7494	16:54	7495	0:10	5:01	1.00	37.20	2:17	16.50
10:23	7598.5	10:33	7600	0:10	5:11	1.5	38.70	0:38	4.50
11:46	7606.5	11:56	7607.5	0:10	5:21	1	39.70	1:10	7.50
10:12	7684.5	10:22	7685.5	0:10	5:31	1	40.70	0:50	6.00
12:32	7700	12:42	7701.5	0:10	5:41	1.5	42.20	1:01	7.00
19:14	7832	19:24	7833	0:10	5:51	1	43.20	1:39	10.50
21:01	7844.5	21:11	7845.5	0:10	6:01	1	44.20	1:41	12.50
15:26	8056	15:36	8057.5	0:10	6:11	1.5	45.70	2:11	16.00
17:36	8071.5	17:46	8073	0:10	6:21	1.5	47.20	2:10	15.50
18:03	8225.5	18:13	8226.5	0:10	6:31	1	48.20	1:55	13.50
20:10	8240	20:20	8241	0:10	6:41	1	49.20	2:07	14.50
17:50	8686.5	18:00	8687.5	0:10	6:51	1	50.20	1:55	14.00
19:54	8701	20:04	8702	0:10	7:01	1	51.20	2:04	14.50
15:23	8953	15:33	8955	0:10	7:11	2	53.20	1:37	11.50
17:16	8967.5	17:26	8968.5	0:10	7:21	1	54.20	1:53	13.50
18:06	9226	18:20	9227.5	0:14	7:35	1.5	55.70	1:31	11.50
19:45	9237.5	19:57	9239	0:12	7:47	1.5	57.20	1:37	11.50

Anexo 17. Accesorios usados en el presente trabajo de investigación



Manómetro de glicerina, 2.3", 0.6 bar x



Tee compresión 32x32x32mm



Unión cinta-cinta de 16 mm



Válvula bola 2"



Collarín 2" x 1"



Unión cinta-cinta de 16 mm



Niple HDPE de 32 mm



Manguera HDPE de 32 mm



Válvula bola rosca 32 mm



Cinta de goteo C8 mil 1.0 Lt/h, gotero a 20 cm

Anexo 18. Panel fotográfico



Fotografía 01. Excavación para el reservorio



Fotografía 02. Proceso de cernido del suelo



Fotografía 03. Recubrimiento del reservorio con barro



Fotografía 04. Recubrimiento del reservorio con yeso



Fotografía 05. Tendido de la geomembrana



Fotografía 06. Anclaje de la geomembrana



Fotografía 07. Perforación de las canastillas de filtro



Fotografía 08. Instalación del filtro casero en el reservorio



Fotografía 09. Conexión de la manguera de succión al filtro casero



Fotografía 10. Excavación para la construcción del cabezal de riego



Fotografía 11. Recubrimiento del cabezal de riego



Fotografía 12. Techado del cabezal de riego



Fotografía 13. Construcción del prefiltro sedimentador



Fotografía 14. Construcción de la red de sedimentación



Fotografía 15. Pasada de disco



Fotografía 16. Pasada de rastra y nivelado



Fotografía 17. Prueba de infiltración



Fotografía 18. Arco de riego y toma manométrica



Fotografía 19. Instalación del arco del portalateral de riego



Fotografía 20. Válvula ramal del portalateral



Fotografía 21. Válvula de control (PVC) en la red primaria



Fotografía 22. Tendido de cinta de goteo



Fotografía 23. Alineado de cinta



Fotografía 24. Proceso de purgado



Fotografía 25. Anclaje del lateral en el intermedio del campo



Fotografía 26. Anclaje de los laterales terminales



Fotografía 27. Mezcla de los fertilizantes granulados



Fotografía 28. Pesado de los ácidos húmicos y guano de isla



Fotografía 29. Aplicación de NPK



Fotografía 30. Siembra de la quinua



Fotografía 31. Tapado de la semilla



Fotografía 32. Primer riego



Fotografía 33. Medición del diámetro del bulbo húmedo



Fotografía 34. Medición del perfil



Fotografía 35. Emergencia de la quinua



Fotografía 36. Quinua negra con tres hojas verdaderas



Fotografía 37. Primera aplicación fitosanitaria



Fotografía 38. Desahijé y deshierbo



Fotografía 39. Aplicación de guano de isla



Fotografía 40. Evaluación del diámetro del tallo



Fotografía 41. Evaluación del coeficiente de uniformidad



Fotografía 42. Pasada de torito escardadora



Fotografía 43. Evaluación del PH, C.E y T° del fertirriego



Fotografía 44. Ultima aplicación fitosanitaria



Fotografía 45. Tratamiento con dosis de 100 kg de aci. Húmedo/ ha



Fotografía 46. Vista del tratamiento testigo



Fotografía 47. Estado grano lechoso



Fotografía 48. Preparación de la solución madre



Fotografía 49. Realización de cursos de fertirriego



Fotografía 50. Producción con fertirriego y sin fertirriego



Fotografía 51. Inicio de la cosecha



Fotografía 52. Evaluación del diámetro de la panoja



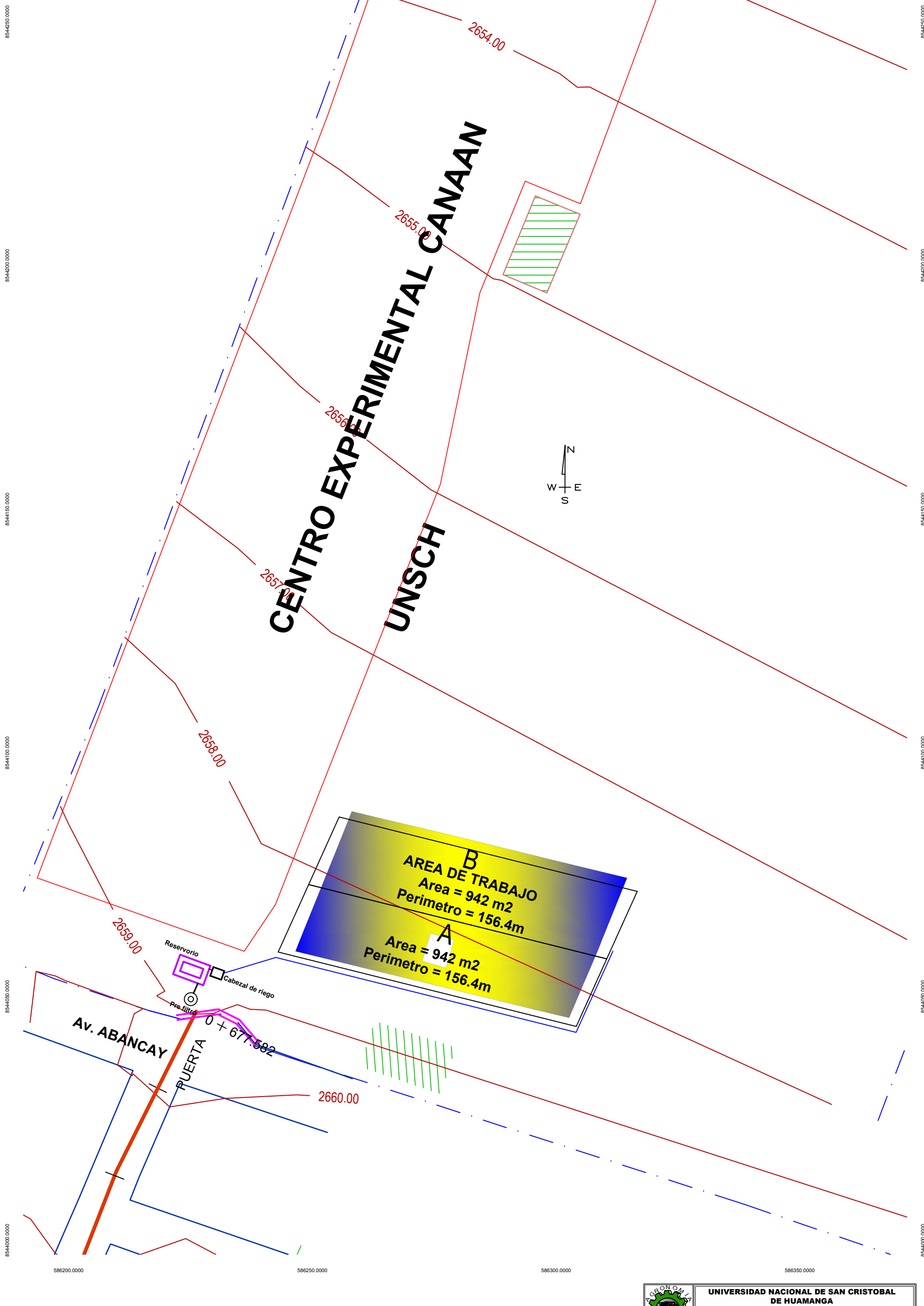
Fotografía 53. Peso promedio del cuculí



Fotografía 54. Alimentos que contiene en su tracto digestivo

PLANOS

586200.0000 586250.0000 586300.0000 586350.0000



CENTRO EXPERIMENTAL CANAAN
UNSCH



B
AREA DE TRABAJO
Area = 942 m²
Perimetro = 156.4m

A
Area = 942 m²
Perimetro = 156.4m

AV. ABANCAY

PUERTA

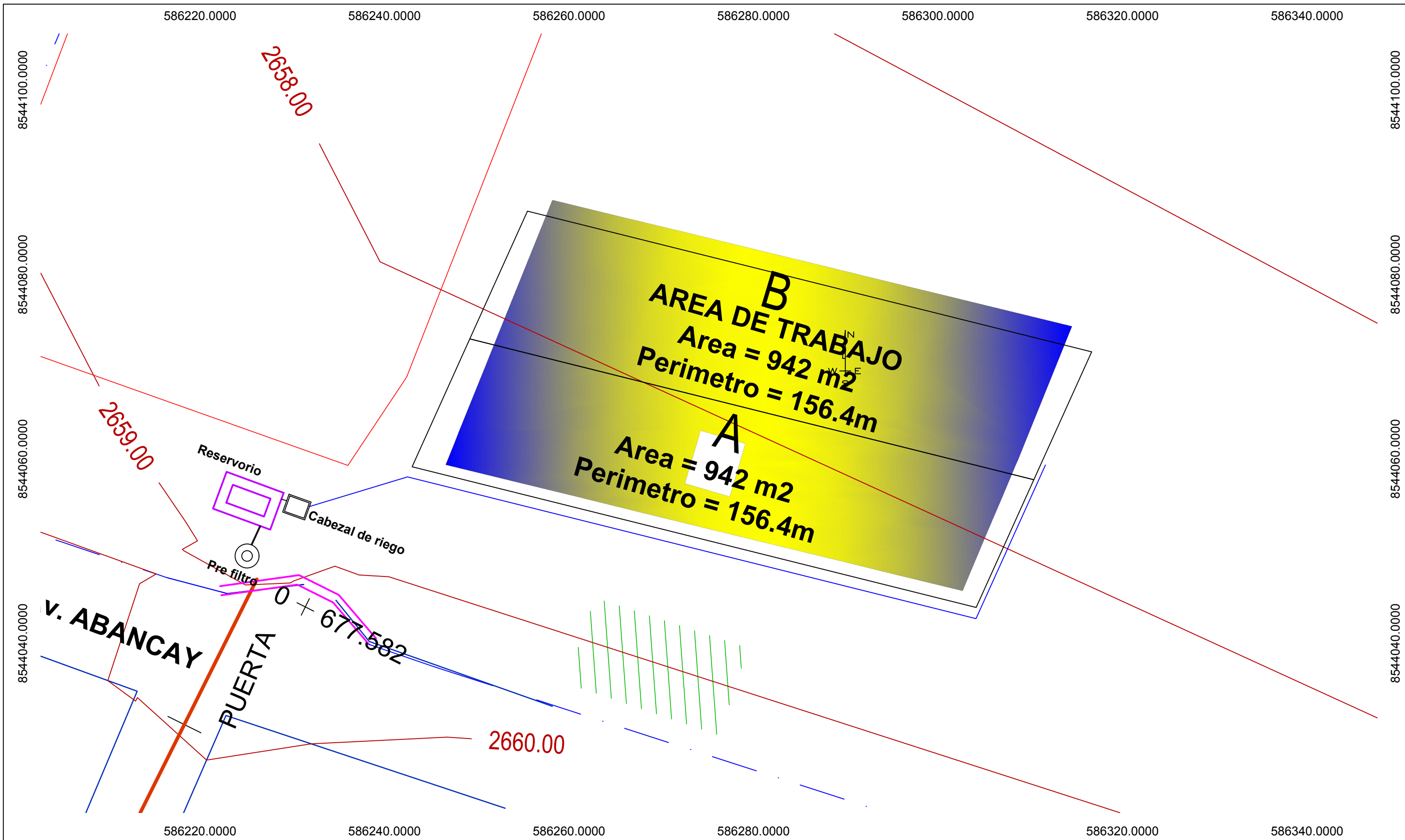
0 + 677.582


Reservorio

Pre-filtro

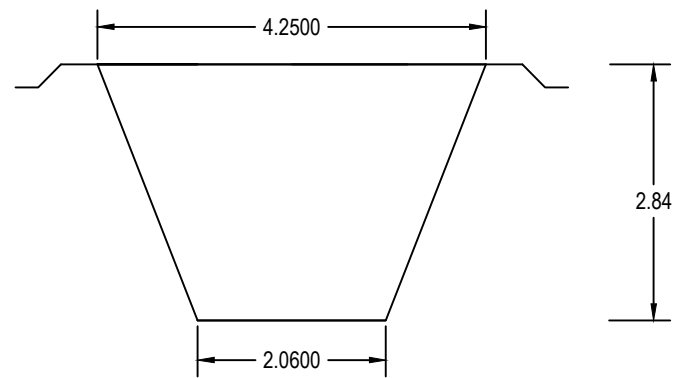
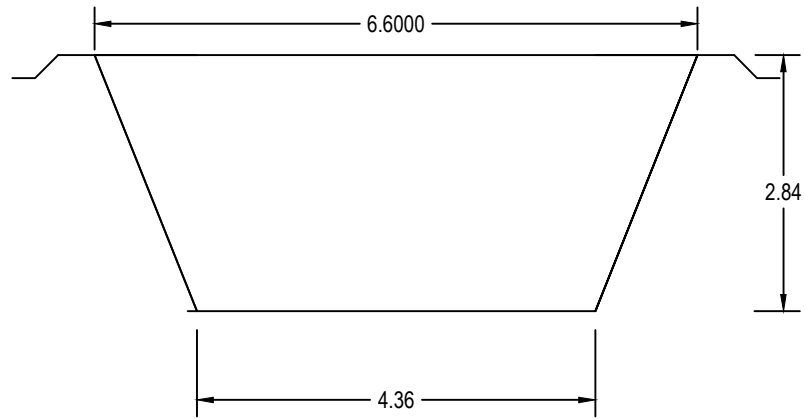
Cabezal de riego

	UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN CRISTOBAL DE HUAMANGA FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS ESCUELA PROFESIONAL DE AGRONOMÍA	
	UBICACIÓN: Depto : Ayacucho Provincia : Huamanga Distrito : Ayacucho Lugar : Canaan UNSCH	PROYECTO: INSTALACIÓN DE UN SISTEMA DE FERTIRRIEGO POR GOTEO Y EFECTO DE ACIDO HÚMICO EN EL RENDIMIENTO DE QUINUA NEGRA (Chenopodium quinoa W.) EN CANAAN, 2735 m.s.n.m. - AYACUCHO.
PLANO: TOPOGRÁFICO	Revisado: JULIO 2019	Escala: INDICADA
Dibujó: R. U. H.		

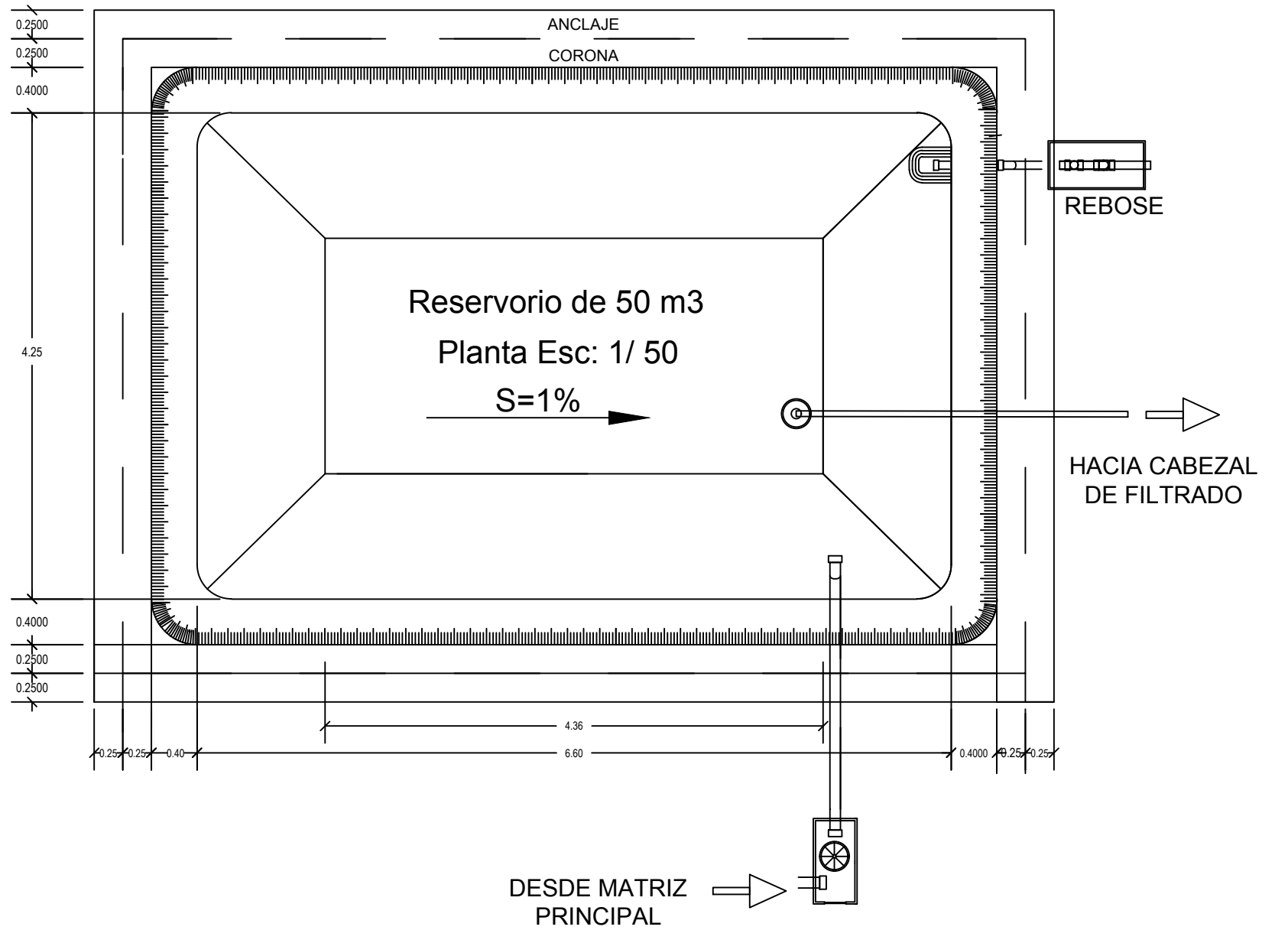


	UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN CRISTOBAL DE HUAMANGA FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS ESCUELA PROFESIONAL DE AGRONOMÍA	
	UBICACIÓN: Depto : Ayacucho Provincia : Huamanga Distrito : Ayacucho Lugar : Canaán UNSCH	PROYECTO: INSTALACIÓN DE UN SISTEMA DE FERTIRIEGO POR GOTEO Y EFECTO DE ÁCIDO HÚMICO EN EL RENDIMIENTO DE QUINUA NEGRA (<i>Chenopodium quinoa W.</i>) EN CANAÁN, 2735 m.s.n.m. - AYACUCHO.
Diseñó : R. G. M.	Revisado : JULIO 2019	Escala : INDICADA

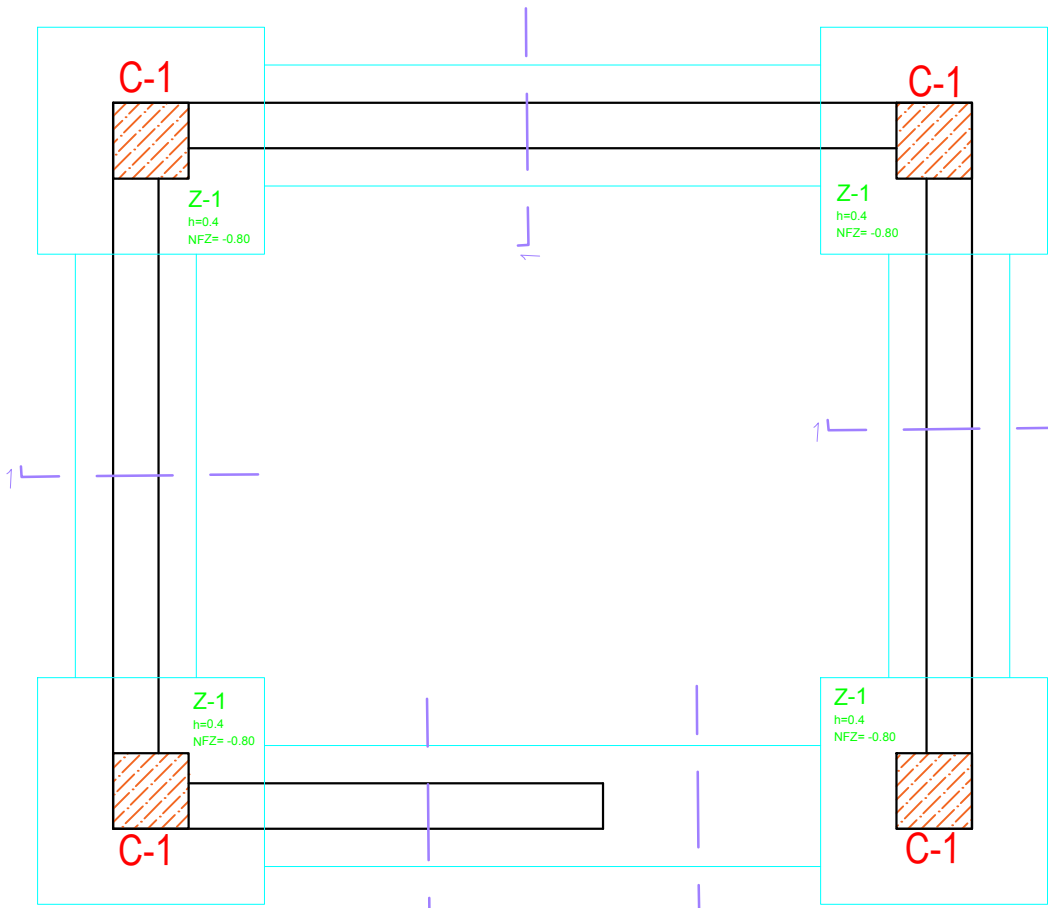
RESERVORIO DE 50M3
Perfil Esc: 1/50



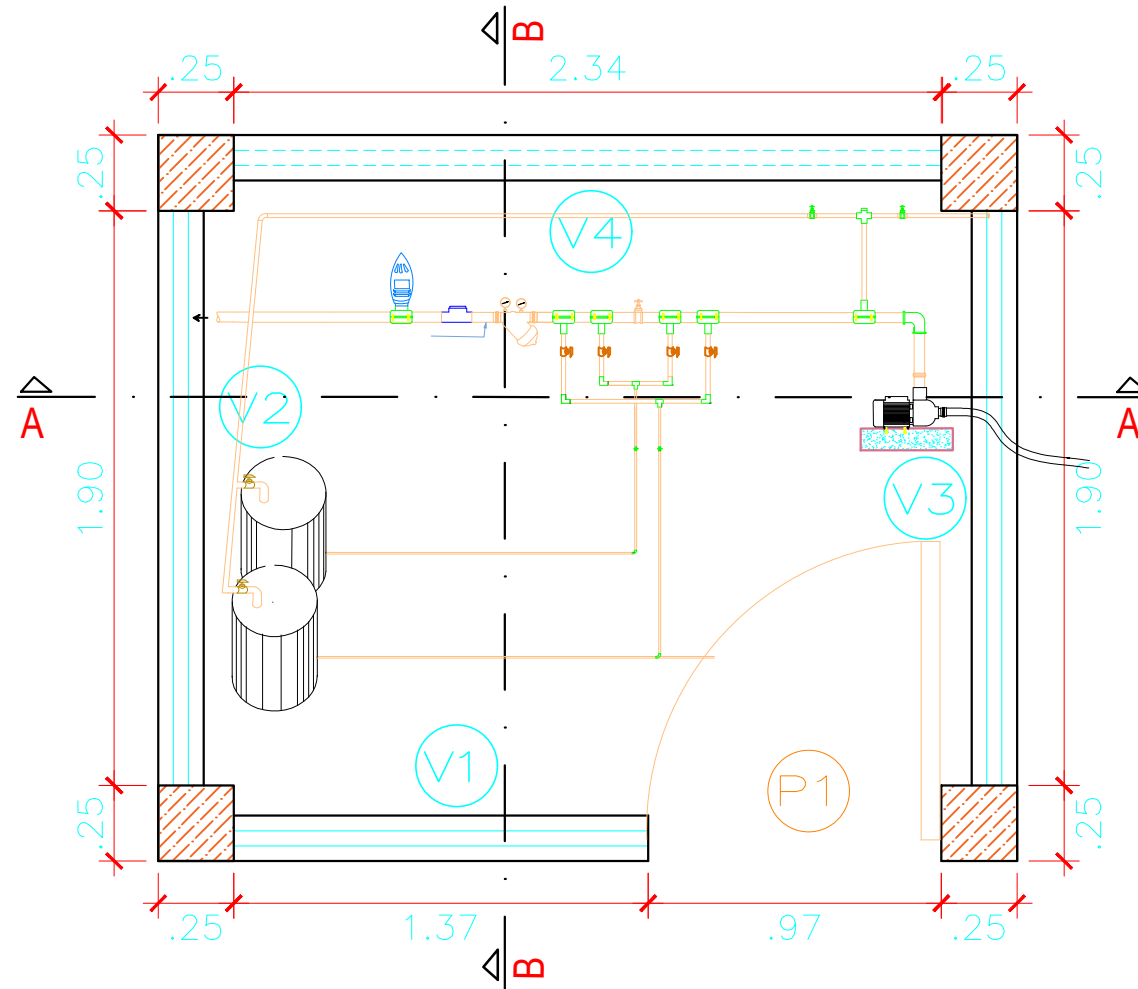
Reservorio



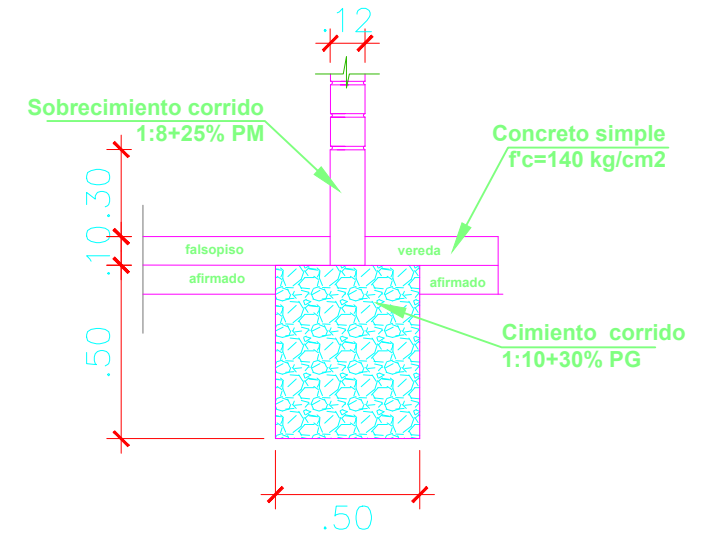
	UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN CRISTOBAL DE HUAMANGA FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS ESCUELA PROFESIONAL DE AGRONOMÍA	
	UBICACIÓN: Depto : Ayacucho Provincia : Huamanga Distrito : Ayacucho Lugar : Canal UNSCH	PROYECTO: INSTALACIÓN DE UN SISTEMA DE FERTIRRIEGO POR GOTEO Y EFECTO DE ÁCIDO HÚMICO EN EL RENDIMIENTO DE QUINUA NEGRA (Chenopodium quinoa W.) EN CANAL, 2735 m.s.n.m - AYACUCHO.
PLANO: RESERVORIO	Revisado: JULIO 2019	Escala: INDICADA



CIMENTACION DE CASETA

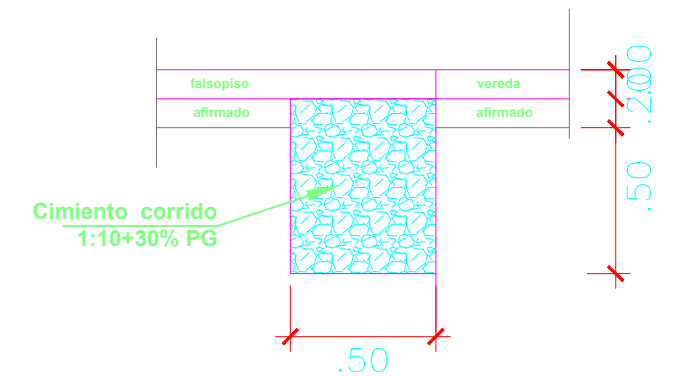


PLANTA DE CASETA



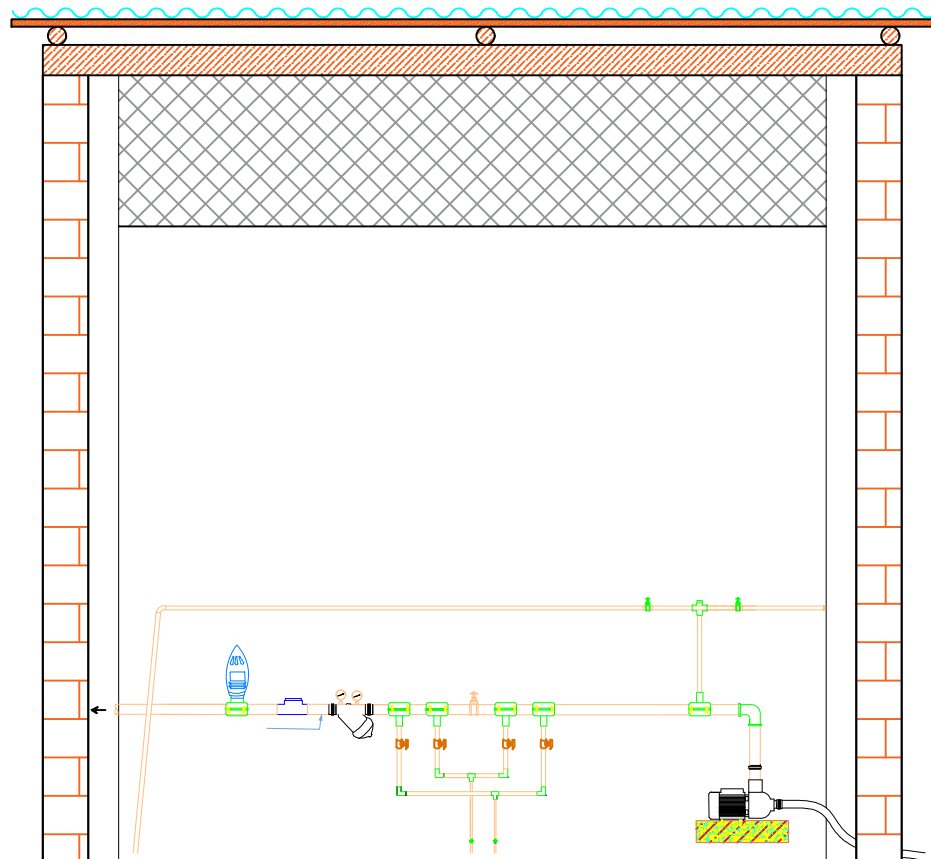
CORTE 1-1

ESCALA_1/25

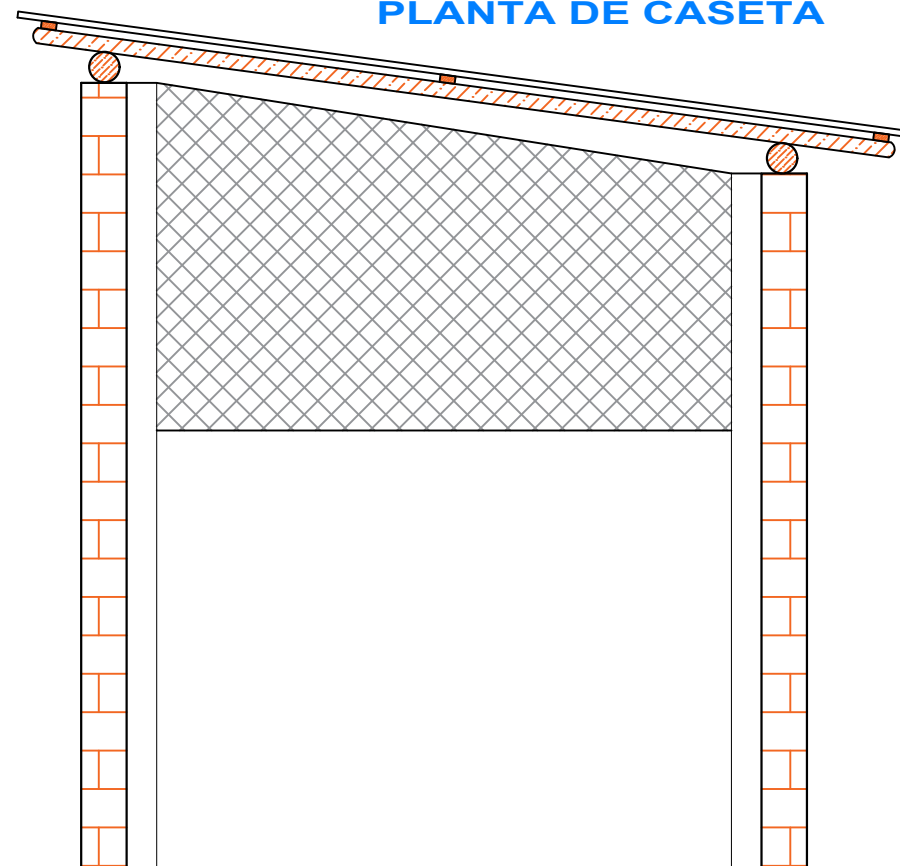


CORTE 2-2

ESCALA_1/25




CORTE A-A



CORTE B-B

CUADRO DE VANOS					
TIPO	ANCHO	ALTO	ALFEIZER	ESTRUCTURA	CANT.
V1	1.37	1.17	1.45	MALLA METÁLICA	01
V2	1.90	1.17	1.45	MALLA METÁLICA	01
V3	1.90	1.17	1.45	MALLA METÁLICA	01
V4	2.34	0.50	2.10	MALLA METÁLICA	01
P1	0.97	2.60		PUERTA METÁLICA	01



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN CRISTOBAL DE HUAMANGA
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
ESCUELA PROFESIONAL DE AGRONOMÍA

UBICACIÓN:
 Depto : Ayacucho
 Provincia : Huamanga
 Distrito : Ayacucho
 Lugar : Canán UNSCH

PROYECTO: INSTALACIÓN DE UN SISTEMA DE FERTIRIEGO POR GOTEO Y EFECTO DE ÁCIDO HÚMICO EN EL RENDIMIENTO DE QUINUA NEGRA (Chenopodium quinoa W.) EN CANÁN, 2735 m.s.n.m - AYACUCHO.

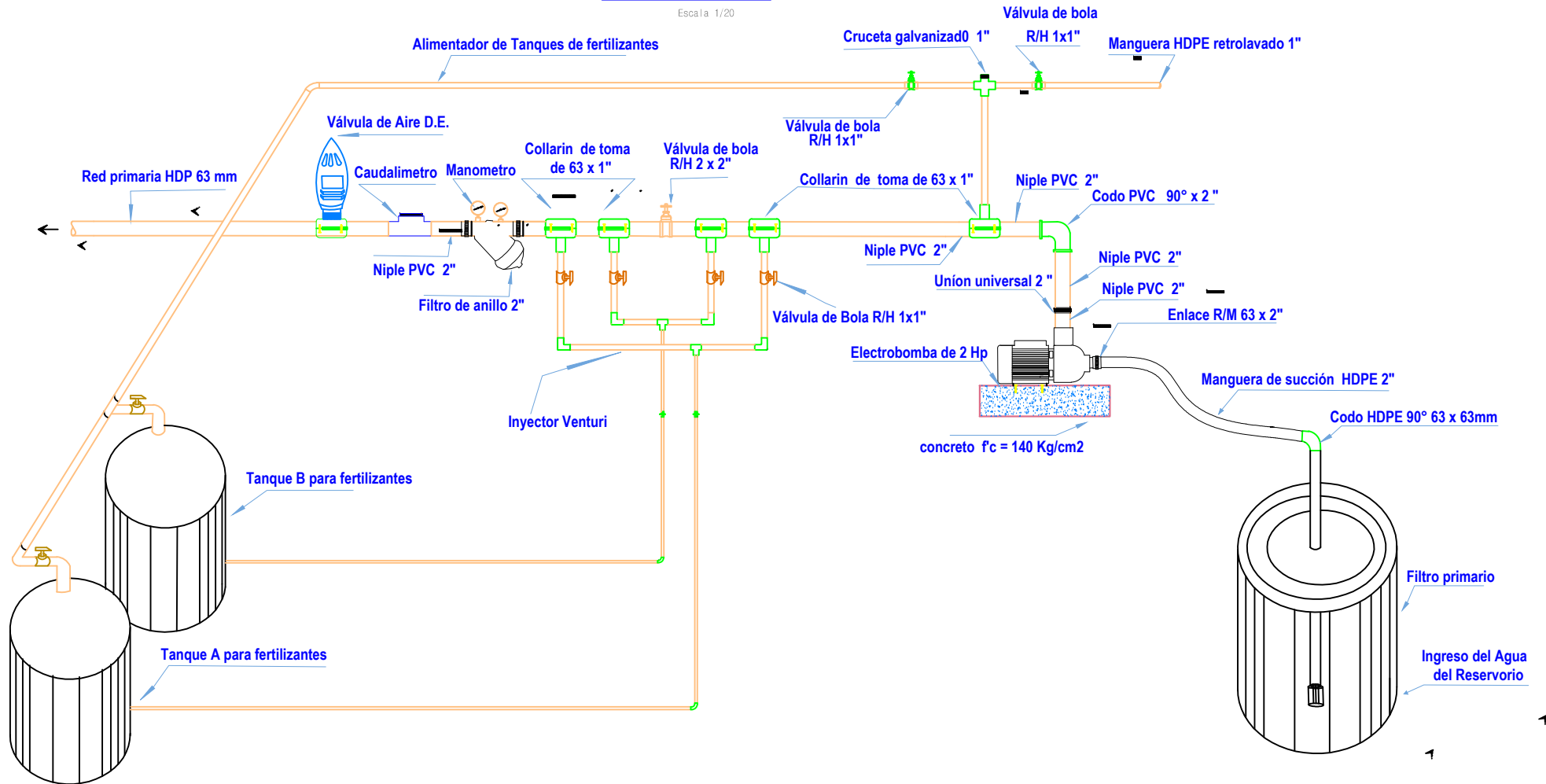
PLANO: CASETA DE CABEZAL DE RIEGO

LÁMINA: 04

Revisado: JULIO 2019 **Escala:** INDICADA

CABEZAL DE RIEGO

Escala 1/20



	UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN CRISTOBAL DE HUAMANGA FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS ESCUELA PROFESIONAL DE AGRONOMÍA	
	UBICACION: Depto : Ayacucho Provincia : Huamanga Distrito : Ayacucho Lugar : Canaan UNSCH	PROYECTO: INSTALACION DE UN SISTEMA DE FERTIRIEGO POR GOTEO Y EFECTO DE ACIDO HUMICO EN EL RENDIMIENTO DE QUINUA NEGRA (Chenopodium quinoa W.) EN CANAAN, 2735 m.s.n.m.-AYACUCHO.
Dibujo : R. U. H.	Revisado: JULIO 2019	Escala: INDICADA
		LÁMINA 05