

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN CRISTÓBAL
DE HUAMANGA**

FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS

ESCUELA PROFESIONAL DE AGRONOMÍA



**Fenología de cuatro variedades de quinua
(*Chenopodium quinoa* W.) en dos épocas de siembra.**

Canaán – INIA a 2735 msnm – Ayacucho

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

PRESENTADO POR:

Wilber Nuñez Chavez

Ayacucho - Perú

2018

En especial para mis abuelos: Sofía Arones y Teófilo Chávez, que desde muy pequeño me formaron y me dieron ese ánimo de ser un gran profesional.

A mi querida esposa y mis dos amores Zahori y Killary, por su comprensión, apoyo y estímulo para el logro de mis ideales y ser útil para la sociedad.

Con mucho amor y gratitud a mis queridos Padres: Nilo Núñez Quispe y Rosa María Chávez Arones. Por brindarme cariño, comprensión y apoyo incondicional para el logro de mi carrera profesional.

AGRADECIMIENTO

A la Tricentennial Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga, Alma Mater de mi formación profesional, y a la Facultad de Ciencias Agrarias, que me brindó nuevos conocimientos durante el tiempo que duró mis estudios profesionales, dulce y venturoso hogar del saber.

De manera especial a la Escuela Profesional de Agronomía y a toda la plana de docentes por sus valiosas enseñanzas y sabios conocimientos que imparten siempre contribuyendo en el desarrollo del pueblo.

A todos mis maestros del Área de Cultivos y Estadística, en especial al Ing. José Antonio Quispe Tenorio, por su asesoramiento, aporte y colaboración en el desarrollo y conducción del presente trabajo de investigación.

Al Ing. Wilfredo Julián Yzarra Tito, coasesor y especialista en Agrometeorología del SENAMHI – Lima; por su apoyo en el procesamiento de datos de campo e interpretación de los resultados del trabajo de investigación.

Al Ing. Abraham Villantoy Palomino, asesor y gestor de mi trabajo de investigación en la Estación Experimental Agraria Canaán - INIA.

A los personales que laboran en el INIA, por su colaboración desinteresada durante el proceso de conducción del área experimental.

Mi eterno agradecimiento a mis queridos padres Nilo y Rosa, por su enorme sacrificio en el logro de mi profesión.

ÍNDICE GENERAL

Dedicatoria	i
Agradecimiento	ii
Índice general	iii
Índice de tablas.....	v
Índice de figuras.....	viii
Índice de anexos.....	x
Resumen.....	1
Introducción	3

CAPÍTULO I REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

1.1. Origen y diversidad.....	5
1.2. Sistema de reproducción.....	6
1.3. Taxonomía	6
1.4. Morfología	7
1.5. Crecimiento, desarrollo y estados fenológicos	10
1.6. Requerimiento del cultivo.....	16
1.7. Rendimiento.....	19
1.8. Índice de cosecha.....	20
1.9. Peso de mil semillas.....	21
1.10 Épocas de siembra	21
1.11. Evapotranspiración y eficiencia de uso de agua	23
1.12. Métodos para determinar la evapotranspiración de cultivo y de referencia	25

CAPÍTULO II METODOLOGÍA

2.1. Ubicación del experimento	29
2.2. Antecedentes del campo experimental	29
2.3. Condiciones climáticas	29
2.4. Condiciones edáficas	30
2.5. Variedades en estudio	32
2.6. Factores en estudio	33
2.7. Diseño experimental	34

2.8. Análisis estadístico	34
2.9. Campo experimental.....	35
2.10. Variables en estudio.....	37
2.11. Conducción del experimento	38

CAPÍTULO III RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. Estados fenológicos	41
3.2. Temperatura, precipitación – crecimiento y desarrollo	49
3.3. Radiación fotosintéticamente activa – biomasa e índice de área foliar	64
3.4. Evapotranspiración, biomasa y eficiencia de uso de agua	72
3.5. Rendimiento	76
Conclusiones	84
Recomendaciones.....	87
Referencia bibliográfica	88
Anexos	91

ÍNDICE DE TABLAS

		Pág.
Tabla 2.1	Temperatura máxima, mínima, media y balance hídrico correspondiente a la campaña agrícola 2010-2011 de la Estación Meteorológica de Canaán - INIA (SENAMHI) – Ayacucho.....	31
Tabla 2.2	Características físico y químico del suelo de la Estación Experimental Canaán-INIA Ayacucho.....	32
Tabla 2.3	VARIABLES EN ESTUDIO.....	37
Tabla 3.1	Número de días después de la siembra (dds) para cada estado fenológico de cuatro variedades de quinua (<i>Chenopodium quinoa</i> W.) en dos épocas de siembra. Canaán 2735 msnm – Ayacucho...	42
Tabla 3.2	Análisis de variancia del estado madurez fisiológica (dds) de cuatro variedades de quinua (<i>Chenopodium quinoa</i> W.) en dos épocas de siembra. Canaán 2735 msnm – Ayacucho.....	47
Tabla 3.3	Prueba de Tukey (0.05) de la madurez fisiológica de quinua (<i>Chenopodium quinoa</i> W.), de épocas en variedades y variedades en épocas. Canaán 2735 msnm – Ayacucho.....	48
Tabla 3.4	Grados día, precipitación y caracteres de desarrollo y crecimiento por época de siembra en quinua (<i>Chenopodium quinoa</i> W.) variedad Blanca de Junín. Canaán 2735 msnm – Ayacucho.....	50
Tabla 3.5	Grados día, precipitación y caracteres de desarrollo y crecimiento por época de siembra en quinua (<i>Chenopodium quinoa</i> W.) variedad Killahuamán. Canaán 2735 msnm – Ayacucho.....	56
Tabla 3.6	Grados día, precipitación y caracteres de desarrollo y crecimiento por época de siembra en quinua (<i>Chenopodium quinoa</i> W.) variedad Pasankalla. Canaán 2735 msnm – Ayacucho.....	57
Tabla 3.7	Grados día, precipitación y caracteres de desarrollo y crecimiento por época de siembra en quinua (<i>Chenopodium quinoa</i> W.) variedad Salcedo INIA. Canaán 2735 msnm – Ayacucho.....	63
Tabla 3.8	Radiación fotosintéticamente activa, precocidad, biomasa e índice de área foliar por época de siembra y estado fenológico en quinua (<i>Chenopodium quinoa</i> W.) variedad Blanca de Junín. Canaán 2735 msnm – Ayacucho.....	64

Tabla 3.9	Radiación fotosintéticamente activa, precocidad, biomasa e índice de área foliar por época de siembra y estado fenológico en quinua (<i>Chenopodium quinoa</i> W.) variedad Killahuamán. Canaán 2735 msnm – Ayacucho.....	67
Tabla 3.10	Radiación fotosintéticamente activa, precocidad, biomasa e índice de área foliar por época de siembra y estado fenológico en quinua (<i>Chenopodium quinoa</i> W.) variedad Pasankalla. Canaán 2735 msnm – Ayacucho.....	68
Tabla 3.11	Radiación fotosintéticamente activa, precocidad, biomasa e índice de área foliar por época de siembra y estado fenológico en quinua (<i>Chenopodium quinoa</i> W.) variedad Salcedo INIA. Canaán 2735 msnm – Ayacucho.....	71
Tabla 3.12	Evapotranspiración de referencia (ET _o), evapotranspiración del cultivo (ET _c), coeficiente único del cultivo (K _c), biomasa y eficiencia de uso de agua por época de siembra y estado fenológico en quinua (<i>Chenopodium quinoa</i> W.) variedad Blanca de Junín. Canaán 2735 msnm – Ayacucho.....	74
Tabla 3.13	Análisis de variancia de caracteres de rendimiento de cuatro variedades de quinua (<i>Chenopodium quinoa</i> W.) en dos épocas de siembra. Canaán 2735 msnm – Ayacucho.....	75
Tabla 3.14	Prueba de Tukey (0.05) de la altura de planta de quinua (<i>Chenopodium quinoa</i> W.), entre épocas y variedades.....	76
Tabla 3.15	Prueba de Tukey (0.05) del peso de panoja de quinua (<i>Chenopodium quinoa</i> W.), entre épocas y variedades.....	77
Tabla 3.16	Prueba de Tukey (0.05) del peso de grano por panoja de quinua (<i>Chenopodium quinoa</i> W.), épocas en variedades y variedades en épocas.....	78
Tabla 3.17	Prueba de Tukey (0.05) del peso de 1000 semillas de quinua (<i>Chenopodium quinoa</i> W.), entre épocas y variedades.....	79
Tabla 3.18	Prueba de Tukey (0.05) del índice de cosecha de quinua (<i>Chenopodium quinoa</i> W.), épocas en variedades y variedades en épocas.....	80

Tabla 3.19	Prueba de Tukey (0.05) del rendimiento de grano de quinua (<i>Chenopodium quinoa</i> W.), variedades, épocas y variedades en épocas.....	81
Tabla 3.20	Factores climáticos, madurez fisiológica, biomasa y rendimiento de grano en cuatro variedades de quinua (<i>Chenopodium quinoa</i> W.) en dos épocas de siembra. Canaán 2735 msnm – Ayacucho...	83

ÍNDICE DE FIGURAS

		Pág.
Figura 3.1	Estados fenológicos de quinua variedad Blanca de Junín.....	43
Figura 3.2	Estados fenológicos de quinua variedad Killahuamán.....	44
Figura 3.3	Estados fenológicos de quinua variedad Pasankalla.....	45
Figura 3.4	Estados fenológicos de quinua variedad Salcedo Inia.....	46
Figura 3.5	Grados día, precipitación y producción de materia seca por estado fenológico en la época 1 para la variedad Blanca de Junín	49
Figura 3.6	Grados día, precipitación y producción de materia seca por estado fenológico en la época 2 para la variedad Blanca de Junín	52
Figura 3.7	Grados día, precipitación y crecimiento (planta y raíz) por estado fenológico en la época 1 para la variedad de quinua Blanca de Junín.....	53
Figura 3.8	Grados día, precipitación y crecimiento (planta y raíz) por estado fenológico en la época 2 para la variedad de quinua Blanca de Junín.....	53
Figura 3.9	Grados día, precipitación, área foliar e índice de área foliar por estado fenológico en la época 1 para la variedad de quinua Blanca de Junín.....	54
Figura 3.10	Grados día, precipitación, área foliar e índice de área foliar por estado fenológico en la época 2 para la variedad de quinua Blanca de Junín.....	55
Figura 3.11	Grados día, precipitación y producción de materia seca por estado fenológico en la época 1 para la variedad de quinua Pasankalla.....	58
Figura 3.12	Grados día, precipitación y producción de materia seca por estado fenológico en la época 2 para la variedad de quinua Pasankalla.....	59
Figura 3.13	Grados día, precipitación y crecimiento (planta y raíz) por estado fenológico en la época 1 para la variedad de quinua Pasankalla...	60
Figura 3.14	Grados día, precipitación y crecimiento (planta y raíz) por estado fenológico en la época 2 para la variedad de quinua Pasankalla...	61
Figura 3.15	Grados día, precipitación, área foliar e índice de área foliar por	

	estado fenológico en la siembra 1 para la variedad de quinua Pasankalla.....	61
Figura 3.16	Grados día, precipitación, área foliar e índice de área foliar por estado fenológico en la siembra 2 para la variedad de quinua Pasankalla.....	62
Figura 3.17	Radiación fotosintéticamente activa, biomasa e índice de área foliar por estado fenológico en la época 1, variedad de quinua Blanca de Junín.....	65
Figura 3.18	Radiación fotosintéticamente activa, biomasa e índice de área foliar por estado fenológico en la época 2, variedad de quinua Blanca de Junín.....	66
Figura 3.19	Radiación fotosintéticamente activa, biomasa e índice de área foliar por estado fenológico en la época 1 para la variedad de quinua Pasankalla.....	69
Figura 3.20	Radiación fotosintéticamente activa, biomasa e índice de área foliar por estado fenológico en la época 2 para la variedad de quinua Pasankalla.....	70
Figura 3.21	Evapotranspiración de referencia, evapotranspiración del cultivo, coeficiente único del cultivo biomasa y eficiencia de uso de agua por estado fenológico para la variedad Blanca de Junín en época 1.....	72
Figura 3.22	Evapotranspiración de referencia, evapotranspiración del cultivo, coeficiente único del cultivo, biomasa y eficiencia de uso de agua por estado fenológico para la variedad Blanca de Junín en época 2.....	73

ÍNDICE DE ANEXOS

		Pág.
Anexo 1	Formato resumen fenología del cultivo de quinua en las cuatro variedades segunda época de siembra 25/12/2010.....	92
Anexo 2	Formato resumen de altura de planta de acuerdo al estado fenológico del cultivo de quinua en las cuatro variedades segunda época de siembra 25/12/2010.....	93
Anexo 3	Formato resumen área foliar e índice de área foliar de acuerdo al estado fenológico del cultivo de quinua en las cuatro variedades segunda época de siembra 25/12/2010.....	94
Anexo 4	Formato resumen materia fresca y materia seca aérea de acuerdo al estado fenológico del cultivo de quinua en las cuatro variedades segunda época de siembra 25/12/2010.....	95
Anexo 5	Formato resumen profundidad de raíces de acuerdo al estado fenológico del cultivo de quinua en las cuatro variedades segunda época de siembra 25/12/2010.....	96
Anexo 6	Formato resumen materia fresca y materia seca de raíces de acuerdo al estado fenológico del cultivo de quinua en las cuatro variedades segunda época de siembra 25/12/10.....	97
Anexo 7	Formato resumen rendimiento de cosecha para la segunda época de siembra 25/12/2010.....	98
Anexo 8	Medición de ETc del cultivo de quinua del mes de noviembre y diciembre del 2010.....	99
Anexo 9	Medición de ETc del cultivo de quinua del mes de abril del 2011.	100
Anexo 10	Tabla de temperatura máxima, mínima precipitación y ETc.....	101
Anexo 11	Panel fotográfico.....	105

RESUMEN

El presente trabajo de investigación se realizó en la Estación Experimental Agraria Canaán – INIA, en dos épocas de siembra. Los objetivos fueron: a) Caracterizar los estados fenológicos de cuatro variedades de quinua en dos épocas de siembra, b) Evaluar el efecto de la temperatura y precipitación, c) Evaluar el efecto de la radiación solar en los diferentes estados de crecimiento y desarrollo en cuatro variedades de quinua, d) Determinar la evapotranspiración potencial del cultivo y eficiencia de uso del agua de la variedad Blanca de Junín mejorado y e) Determinar la variedad de quinua de mejor rendimiento bajo las condiciones climáticas de nuestra zona. Los tratamientos fueron Blanca de Junín, Killahuamán, Pasankalla y Salcedo Inia, en dos épocas de siembra. Se empleó el diseño bloque completo randomizado, con arreglo factorial de variedades x épocas de siembra con cuatro repeticiones. Las características evaluadas fueron: Altura de planta, peso de panoja, peso de grano por panoja, peso de 1000 semillas, índice de cosecha, rendimiento de grano; estados fenológicos, longitud de raíz, peso seco total aéreo, área foliar, índice de área foliar y biomasa; además, se consideró a las variables climáticas: Temperatura, precipitación, radiación y evapotranspiración. Los resultados fueron: las condiciones ambientales estudiadas fueron mayores y favorables en el crecimiento y desarrollo para la primera época de siembra en las cuatro variedades, pero fue más tardío en llegar a la madurez fisiológica que en la segunda época, con 108, 111, 123, 123 dds para la primera época y 94, 101, 114, 119 dds para la segunda época para las variedades Salcedo INIA, Pasankalla, Killahuamán, Blanca de Junín, en ese orden; sin embargo los mayores rendimientos también se dieron en la segunda época que en la primera, con 2291, 1766, 963, 1292 kg de grano por hectárea para la primera época y 2679, 1870, 149 y 1418 kg de grano por hectárea para la segunda época, para las variedades Blanca de Junín, Killahuamán, Pasankalla, Salcedo INIA, según ese orden. A su vez la evapotranspiración del cultivo fue mayor en la segunda época que en la primera.

INTRODUCCIÓN

En la actualidad el cultivo de quinua ha despertado expectativas entre los agricultores del país, como consecuencia de la promoción sobre sus bondades nutricionales. La demanda ha incrementado significativamente tanto en el mercado local como en el internacional.

Las observaciones fenológicas de los cultivos revisten gran importancia en la agricultura, considerando que el conocimiento de las necesidades climáticas de una especie vegetal, en las diferentes etapas de desarrollo, permitirán una mejor elección del tipo de producción a implementar, es decir, la observación y la cuantificación de los distintos fenómenos de los vegetales, que se relacionan con los factores climáticos, significan un paso en el conocimiento de las formas y metodologías que permitirán un uso racional del medio ambiente para la producción agrícola.

En la actualidad se dispone de suficiente información sobre los factores climáticos, edáficos y biológicos involucrados en la duración del ciclo biológico y en la producción de los cultivos. Sin embargo, es frecuente que para referirse a un momento determinado del ciclo biológico de éstos se haga en términos de una escala de tiempo (días después de la siembra) relacionando esta última con las observaciones y prácticas que se llevan a cabo sin tomar en cuenta el efecto de tales factores sobre la morfología de las plantas.

El ciclo biológico cambia con el genotipo y con los factores del clima, esto quiere decir que las plantas del mismo genotipo, sembradas bajo diferentes condiciones climáticas, pueden presentar diferentes estados de desarrollo después de transcurrido el mismo tiempo cronológico. Por lo que cada vez cobra mayor importancia el uso de

escalas fenológicas que permiten a la vez, referirse a las observaciones y prácticas de manejo del cultivo en una etapa de desarrollo determinado.

Un cultivo puede no desarrollar todas sus fases fenológicas si crece en condiciones climatológicas diferentes a las de su región de origen. Las principales variables que controlan la fenología de un cultivo son: fecha de siembra, duración del día, temperatura, suministro de humedad, componente genético, y manejo de la planta.

El conocimiento de las fases de desarrollo de un cultivo posibilita identificar sus características morfológicas, interrelacionándolas con la fisiología de la planta, las condiciones climáticas y la toma de decisiones respecto a las prácticas culturales, aplicaciones de insumos, tratamiento fitosanitarios, y otros.

El agricultor, al estar familiarizado con la fenología del cultivo de la quinua, podrá acompañar el comportamiento del cultivo, frente a situaciones favorables o adversas, y podrá adoptar prácticas culturales específicas en los momentos de mayor posibilidad para que la planta responda favorablemente.

Por las consideraciones expuestas se efectuó el presente trabajo de investigación con los siguientes objetivos:

1. Caracterizar los estados fenológicos de cuatro variedades de quinua en dos épocas de siembra.
2. Evaluar el efecto de la temperatura y precipitación en los diferentes estados de crecimiento y desarrollo de cuatro variedades de quinua en dos épocas de siembra.
3. Evaluar el efecto de la radiación solar en los diferentes estados de crecimiento y desarrollo en cuatro variedades de quinua.
4. Determinar la evapotranspiración potencial del cultivo y eficiencia de uso del agua de la variedad Blanca de Junín mejorado.
5. Determinar la variedad de quinua de mejor rendimiento bajo las condiciones climáticas de nuestra zona.

CAPÍTULO I

REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

1.1. ORIGEN Y DIVERSIDAD

Las evidencias apuntan a *Chenopodium standleyanum* y *Chenopodium ficifolium* como los progenitores diploides putativos que donaron los genomas A del Nuevo Mundo y B del Viejo Mundo, respectivamente, al complejo tetraploide que incluye *Chenopodium quinoa* (Kolano, 2014)

El antepasado del Nuevo Mundo, *Chenopodium standleyanum*, es parte de un complejo de taxones diploides que se encuentra en todas las regiones templadas a subtropicales de América del Norte. Los siguientes taxones diploides: *Chenopodium atrovirens*, *Chenopodium desiccatum*, *Chenopodium fremontii*, *Chenopodium hians*, *Chenopodium incanum*, *Chenopodium leptophyllum*, *Chenopodium neomexicanum*, *Chenopodium pratericola*, y *Chenopodium watsonii*. Hay una estrecha relación genética entre este grupo y dos diploides andinos, *Chenopodium pallidicaule* (Kañiwa cultivada) y la especie silvestre *Chenopodium petiolare*. Teniendo en cuenta esta diversidad, debe haber una gran cantidad de variación alélica en este acervo genético con valor para el mejoramiento de la quinua.

El antepasado del Viejo Mundo, *Chenopodium ficifolium*, tiene una distribución muy amplia en toda Eurasia templada y por lo tanto debe albergar una enorme diversidad para la resistencia genética al estrés biótico. También representa un potencial “puente” genético entre la quinua y el diverso complejo de especies *Chenopodium album* 2x/4x/6x, dado que comparten un conjunto de cromosomas llamado el “genoma B”. Este complejo de especie es nativa o naturalizada en todos los continentes habitados y los principales grupos de islas subtropicales a templadas.

La domesticación sudamericana de la quinua ha sido impulsada por las culturas antiguas y modernas a lo largo de los Andes, durante un período de por lo menos 5000 años. Incluye formas que van desde los tipos de semi-maleza a variedades comerciales de alto rendimiento y calidad. Ecotipos principales: Altiplano (Perú y Bolivia), Valles inter-andinos (Colombia, Ecuador y Perú), Salares (Bolivia, Chile y Argentina), Yungas (Bolivia), y Zonas Costera/ Tierras bajas (Chile).

El germoplasma de quinua y sus parientes silvestres son preservados mayormente en bancos ex situ en Ecuador, Perú, Bolivia, Chile, Argentina, Colombia, Estados Unidos y otros países del mundo. Respecto a la conservación in situ, a lo largo de la región Andina existen muchos nichos especiales y zonas agroecológicas con características propias que ha permitido el desarrollo de la mayor diversidad genética de quinua tanto silvestre como cultivada y que se pueden encontrar en condiciones naturales y en campos de cultivo.

1.2. SISTEMA DE REPRODUCCIÓN

Según Simmonds (1965) la quinua es una especie autógama, afirmación similar ha sido reportada por Gandarillas (1979) y Wilson (1988). El porcentaje de polinización cruzada o alogamia es variable. Gandarillas (1979) reporta porcentajes variables de cruzamiento natural que van de 1.5 % para una distancia de separación de 20 m hasta 9.9 % a 1 m de separación de plantas. Lescano (1994) reportó 5.78 % de alogamia y 94.22 % de autogamia. El porcentaje de alogamia no sobrepasa el 10 % de cruzamiento natural y por tanto, la quinua tiene al menos un 90 % de autogamia.

Dentro de un cultivo se presentan diferencias poblacionales que depende de la topografía, altitud, clima y tipos de suelo, así como de las complejas interrelaciones entre factores genéticos, ecológicos e históricos (, 2012)

1.3. TAXONOMÍA

Aguilar (1981) manifiesta que la quinua taxonómicamente se le ubica de la siguiente manera:

Reino	: Vegetal
División	: Fanerógamas
Clase	: Dicotiledóneas

Sub clase : Angiospermas
Orden : Centropermales
Familia : Chenopodiáceas
Género : Chenopodium
Sección : Chenopodia
Subsección : Cellulata
Especie : *Chenopodium quinoa* Willd.

1.4. MORFOLOGÍA

a) Porte

Mujica (2001) 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, de la fertilidad de los suelos; las del valle tienen mayor altura que las que crecen por encima de los 4000 msnm y de zonas frías, en zonas abrigadas y fértiles las plantas alcanzan las mayores alturas, su coloración varía con los genotipos y fases fenológicas, está clasificada como planta C3.

b) Raíz

Tapia (2007) señala que la raíz es muy fibrosa y sostiene bien a la planta, sólo cuando hay un exceso de humedad puede ocurrir un vuelco por efecto de vientos fuertes. Cuando la raíz está totalmente desarrollada puede alcanzar hasta 1.50 m de profundidad según los tipos de suelos.

León (2003) menciona que el tipo de raíz varía de acuerdo a las fases fenológicas. Empieza con raíz pivotante terminando en raíz ramificado con una longitud de 25 a 30 cm., según el ecotipo, profundidad del suelo y altura de la planta; la raíz se caracteriza por tener numerosas raíces secundarias y terciarias.

c) Tallo

Tapia (2007) aduce que el tallo es cilíndrico y a la madurez se vuelve anguloso, la parte interna o médula es blanda en las partes jóvenes y a la madurez es esponjosa y hueca, generalmente de color crema. En el altiplano sur puede alcanzar 1.80 m de

alto. El hábito de crecimiento puede variar de un solo tallo principal a variedades con muchas ramificaciones.

León (2003) menciona que el tallo es cilíndrico y herbáceo anual a la altura del cuello cerca a la raíz y de una forma angulosa a la altura donde se insertan las ramas y hojas, estando dispuestas en las cuatro caras del tallo, la altura es variable de acuerdo a las variedades y siempre terminan en una inflorescencia; cuando la planta es joven tiene una médula blanca y cuando va madurando se vuelve esponjosa, hueca sin fibra, sin embargo la corteza lignifica, el color del tallo es variable, puede ser púrpura como la Pasankalla, blanco cremoso (Blanca de Juli) y con las axilas coloreadas como la Blanca de Juli, en toda su longitud; colorada como la Kancolla y otros colores según el ecotipo de cada zona (el color varía de acuerdo a las fases fenológicas, se pueden diferenciar bien los colores en la floración).

d) Hojas

León (2003) aduce que las hojas son simples, enteras, esparcidas, glabras, pecioladas, sin estipulas, pinnatinervadas, presentan oxalatos de calcio o vesículas granulosas en el envés a veces en el haz; las cuales evitan la transpiración excesiva en caso de que se presentaran sequías. En la quinua, podemos notar que la hoja está formada por una lámina y un pecíolo, los pecíolos son largos acanalados y finos, las hojas son polimorfas, las hojas inferiores son de forma romboidal o de forma triangular y las hojas superiores son lanceoladas que se ubican cerca de las panojas. Pueden tomar diferentes coloraciones, va del verde al rojo o púrpura (dependiendo de la variedad).

La inserción de las hojas en el tallo es alterna, en cada nudo se observan de 5 a 12 hojas de acuerdo a cada variedad y la distancia entre nudos es de 0.8 a 4 cm. La hoja es por excelencia el órgano clorofiliano esencial de la respiración y la asimilación CO₂ (anhídrido carbónico). El número de dientes por hoja varía de 2 a 14 dependiendo de la variedad.

e) Inflorescencia

Tapia (2007) menciona que la inflorescencia de la quinua es racimosa y por la disposición de las flores se la denomina panoja. Existen dos tipos básicos de panoja:

la glomerulada que es más densa y la amarantiforme cuando el eje glomerular nace directamente del eje principal. La inflorescencia tanto de tipo glomerulada, considerada la forma primitiva, como la amarantiforme, puede ser laxa o compacta; este carácter y la longitud de la panoja están muy relacionadas al rendimiento del cultivo.

f) Flores

León (2003) menciona que en una misma inflorescencia pueden presentar flores hermafroditas (perfectas), femeninas y androestériles (imperfectas). Generalmente se encuentra 50 glomérulos en una planta y cada glomérulo está conformado por 18 a 20 granos aproximadamente

Según Rea (1969) citado por Mújica (1993) indica que son incompletas, sésiles y desprovistas de sépalos. Están constituidas por una corona formada por cinco tepaloides, sepaloides. Pueden ser hermafroditas, pistiladas, andro-estériles, lo cual indica que pueden tener un hábito autógeno o alógeno. Así mismo se ha realizado observaciones florales, determinando que generalmente se produce la antesis de las flores en las primeras horas de la mañana y sucesivamente del ápice a la base en una ramilla florífera. La primera en abrirse es la flor terminal hermafrodita y luego las pistiladas, estando abierta la flor hermafrodita de 5 – 7 días. En general presenta 10% de polinización cruzada.

g) Fruto

León (2003) menciona que el fruto de la quinua es aquenio, el que se encuentra cubierto por el perigonio, que cuando se encuentra en estado maduro es de forma estrellada por los cinco tépalos que tiene la flor. El perigonio cubre solo una semilla y se desprende con facilidad al frotarlo; el color del grano está dado por el perigonio y se asocia directamente con el color de la planta, el pericarpio del fruto se encuentra pegado a la semilla y es donde se encuentra la saponina que es un glúcido de sabor amargo; se ubica en la primera membrana.

h) Semilla

Mujica (1993) menciona que viene a ser el óvulo fecundado y maduro, tiene forma lenticular elipsoidal, cónica o esferoidal. Presenta tres partes bien definidas que son epispermo embrión y perispermo. El epispermo contiene mayor cantidad de saponina y estrías formado por cuatro cubiertas bien definidas. El embrión se enrolla por la parte central de la semilla en forma circular. El perisperma está compuesto de almidón de color blanquecino, el tamaño varía desde 1.5 a 2.6 mm de diámetro.

Choque (1993) el tamaño de la semilla es variable, dependiendo de la variedad; incluso dentro de la misma panoja varía, siendo general, encontrar el tamaño más grande en la parte central del glomérulo.

Se considera tres tamaños de grano, según la escala propuesta en la I Reunión sobre Genética y Mejoramiento de la Quinua y son los siguientes:

- a. Tamaño grande : más de 2.0 mm
- b. Tamaño mediano: 1.2 – 2.0 mm
- c. Tamaño pequeño : menores de 1.2 mm

Mujica (1993) el color de la semilla varía, presentando una gama de colores que va desde blanco, rojo, amarillo anaranjado, púrpura, rosado, marrón hasta el negro.

1.5. CRECIMIENTO, DESARROLLO Y ESTADOS FENOLÓGICOS

a) Crecimiento y desarrollo

El crecimiento y diferenciación de las células para formar tejidos, órganos y organismos se llama a menudo desarrollo. Otro término adecuado para este proceso es el de morfogénesis. Por lo general crecimiento significa aumento de tamaño (Salisbury y Ross, 1992).

Un hecho evidente es que el medio ambiente puede modificar notablemente el desarrollo. Las plantas reaccionan fuertemente a los cambios de temperatura. Uno de los ejemplos más llamativos de morfogénesis en plantas es el paso del estado vegetativo al reproductivo. Las células deben dividirse y diferenciarse en formas totalmente nuevas, las hormonas parecen estar implicadas.

El crecimiento de las plantas es notablemente sensible a la temperatura. A veces un cambio de pocos grados da lugar a un cambio significativo en la tasa de crecimiento. Cada especie o variedad posee, en cualquier etapa de su ciclo de vida y para cualquier conjunto de condiciones de estudio una *temperatura mínima* por debajo de la cual no crece, una *temperatura óptima* (o rango de temperaturas) a la cual crece a máxima velocidad y una temperatura máxima por encima de la cual la planta no crece e incluso puede morir. En general, el crecimiento de las distintas especies está adaptado a las temperaturas de su entorno natural. Las especies altoandinas tienen mínimos, máximos y óptimos bajos; las especies tropicales tienen temperaturas cardinales mucho mayores. La temperatura mínima vital de algunas especies son: girasol 7 °C, maíz 10 °C, sorgo 15 °C, algodón 18 °C.

La forma más usada y simple para calcular los grados-día se basa en la suma de los subtotales diarios producto de la diferencia entre la temperatura promedio diaria y la temperatura base.

$$Td = Tx - Tb$$

Dónde:

Td: grados-día acumulados en un día (°C)

Tx: temperatura media del día (°C)

Tb: temperatura base (°C)

Los grados-día acumulados en un periodo de n días serían:

$$\sum_{i=1}^n Td_i = \sum_{i=1}^n (Tx_i - Tb)$$

Además del método anterior denominado método residual o de las sumas térmicas efectivas o grados-día efectivos, Gastiazoro (2006) refiere los métodos: directo, exponencial, termofisiológico y Weater Bureau. Por ejemplo el método directo en lugar de *Tb* (fórmula del método residual) se usa 0 °C y no se computan *Tx* menores a 0 °C. En el método Weater Bureau en lugar de *Tb* se usa 10 °C, si *Tx* supera 30 °C se utiliza en la fórmula 30 °C y si *Tx* es inferior a 10 °C en la fórmula se utiliza 10 °C.

Monselise (1986) citado por Pérez y Puche (2003) señala que la cantidad de energía solar puede explicar mejor el comportamiento varietal que la cantidad de grados-día acumulados.

Martínez y Tico (1974) definen a la fenología, como la acción de la atmósfera sobre los vegetales y el suelo; es decir, el estudio de la relación entre el clima y los hechos que suceden periódicamente en la vida de los vegetales, la luz y el calor son las barreras que fijan la aclimatación de un vegetal en un medio determinado. La humedad también le es necesaria, pero las plantas se pueden acomodar hasta cierto límite a la sequedad ambiental.

Ortega (1985), la fenología, es la rama de la ecología que estudia los fenómenos periódicos de los seres vivos y sus relaciones con las condiciones ambientales; estos fenómenos periódicos pueden ser en unos casos observados o medidos por instrumentos como el brotamiento, la floración, caída de hojas y entre otros casos como la germinación, el desarrollo radicular y la formación del primordio floral que no pueden cuantificarse fácilmente. Este mismo autor, señala que, en la fenología es importante distinguir claramente dos procesos: crecimiento y desarrollo.

Ortega (1985) es un proceso de diferenciación o cambios estructurales y fisiológicos conformados por una serie de fenómenos o eventos sucesivos hasta concluir el ciclo reproductivo y es un fenómeno cualitativo como la aparición de botones florales o racimos, que marca el cambio del estado vegetativo al estado reproductivo.

Roque (2009) menciona que, la fenología es el estudio de los fenómenos periódicos que presentan los organismos vivos y su reacción con el proceso meteorológico. La fenología agrícola se refiere a los fenómenos periódicos que presentan a las plantas y su relación con las condiciones ambientales tales como la temperatura, luz, humedad, etc.

b) Estados fenológicos

León (2003) refiere que la duración de las fases fenológicas depende mucho de los factores medio ambientales que se presenta en cada campaña agrícola por ejemplo; si

se presenta precipitación pluvial larga de 4 meses continuas (enero, febrero, marzo y abril), sin presentar veranillos las fases fenológicas se alarga por lo tanto el periodo vegetativo es largo y el rendimiento disminuye.

Cuando hay presencia de veranillos sin heladas, la duración de las fases fenológicas se acorta y el periodo vegetativo también es corto y el rendimiento es óptimo. También influye la duración de la humedad del suelo, por ejemplo en un suelo franco arcilloso, las fases fenológicas se alargan debido al alto contenido de humedad en el suelo o alta capacidad de retener agua; en cambio en un suelo franco arenoso sucede todo lo contrario.

El mismo autor señala que las fases fonológicas de la quinua son las siguientes:

Emergencia

La plántula emerge del suelo y extiende las hojas cotiledonales, pudiendo observarse en el surco las plántulas en forma de hileras nítidas, esto depende de la humedad del suelo; si el suelo está húmedo, la semilla emerge al cuarto día o sexto día de la siembra. En esta fase la planta puede resistir a la falta de agua, siempre dependiendo del tipo de suelo; si el suelo es franco-arcilloso. Si el suelo es franco-arenoso, puede resistir aproximadamente, hasta 7 días. También la resistencia depende mucho, del tipo de siembra; si es al voleo sin hacer surco, no resistirá a la sequía; si se siembra también al voleo pero dentro del surco, podrá resistir a la sequía.

Dos hojas verdaderas

Dos hojas verdaderas, extendidas que ya poseen forma lanceolada y se encuentra en la yema apical el siguiente par de hojas, ocurre a los 10 a 15 días después de la siembra y muestra un crecimiento rápido en las raíces. En esta fase la planta también es resistente a la falta de agua, pueden soportar de 10 a 14 días sin agua, siempre dependiendo de los factores ya mencionados en la emergencia.

Cuatro hojas verdaderas

Se observan dos pares de hojas extendidas y aún están presentes las hojas cotiledonales de color verde, encontrándose en la yema apical las siguientes hojas del

ápice; en inicio de formación de yemas axilares del primer par de hojas; ocurre aproximadamente a los 25 a 30 días después de la siembra.

Seis hojas verdaderas

Se observan tres pares de hojas verdaderas extendidas y las hojas cotiledonales se tornan de color amarillento. Esta fase ocurre aproximadamente a los 35 a 45 días después de la siembra, en la cual se nota claramente una protección del ápice vegetativo por las hojas más adultas.

Ramificación

Se observa ocho hojas verdaderas extendidas con presencia de hojas axilares hasta el tercer nudo, las hojas cotiledonales se caen y dejan cicatrices en el tallo, también se nota presencia de inflorescencia protegida por las hojas sin dejar al descubierto la panoja, ocurre aproximadamente a los 45 a 50 días de la siembra. Durante esta fase se efectúa el aporque y fertilización complementaria.

Inicio de panojamiento

La inflorescencia se nota que va emergiendo del ápice de la planta, observando alrededor aglomeración de hojas pequeñas, las cuales van cubriendo la panoja en sus tres cuartas partes; ello puede ocurrir aproximadamente a los 55 a 60 días de la siembra, asimismo se puede apreciar amarillamiento del primer par de hojas verdaderas (hojas que ya no son fotosintéticamente activas) y se produce una fuerte elongación del tallo, así como engrosamiento.

Panojamiento

La inflorescencia sobresale con claridad por encima de las hojas, notándose los glomérulos que la conforman; así mismo, se puede observar en los glomérulos de la base los botones florales individualizados, puede ocurrir aproximadamente a los 65 a 75 días después de la siembra.

Inicio de floración

Es cuando la flor hermafrodita apical se abre mostrando los estambres separados, aproximadamente puede ocurrir a los 75 a 80 días después de la siembra, en esta fase

es bastante sensible a la sequía con helada; se puede notar en los glomérulos las anteras protegidas por el perigonio de un color verde limón.

Floración

Se considera a esta fase cuando el 50% de las flores de la inflorescencia de las panojas se encuentran abiertas, puede ocurrir aproximadamente a los 80 a 90 días después de la siembra, esta fase es muy sensible a las heladas y granizadas, debe observarse la floración a medio día cuando hay intensa luminosidad solar, ya que en horas de la mañana y al atardecer se encuentra cerradas, así mismo la planta comienza a eliminar las hojas inferiores que son menos activas fotosintéticamente, se ha observado que en esta etapa cuando se presentan altas temperaturas que superan los 38°C se produce aborto de las flores, sobre todo en invernaderos o zonas desérticas calurosas. Cuando hay presencia de veranillos o sequías de 10 a 15 días de duración en esta fase es beneficioso para una buena polinización; cruzada o autopolinizada, siempre en cuando no haya presencia de heladas.

Grano lechoso

El estado de grano lechoso es cuando los frutos que se encuentran en los glomérulos de la panoja, al ser presionados explotan y dejan salir un líquido lechoso, aproximadamente ocurre a los 100 a 130 días de la siembra, en esta fase el déficit hídrico es sumamente perjudicial para el rendimiento disminuyéndolo drásticamente el llenado de grano (en suelos franco-arenoso), pero en suelos franco arcilloso es normal.

Grano pastoso

El estado de grano pastoso es cuando los granos al ser presionados presentan una consistencia pastosa de color blanco, puede ocurrir aproximadamente a los 130 a 160 días de la siembra, en esta fase el ataque, de Kcona-kcona (*Eurysacca quinoa*) y aves (gorriones, palomas) causa daños considerables al cultivo, formando nidos y consumiendo el grano. En esta fase ya no son necesarias las precipitaciones pluviales (lluvia).

Madurez fisiológica

Es cuando el grano formado es presionado por las uñas, presenta resistencia a la penetración, aproximadamente ocurre a los 160 a 180 días a más después de la siembra, el contenido de humedad del grano varía de 14 a 16%, el lapso comprendido de la floración a la madurez fisiológica viene a constituir el periodo de llenado del grano, asimismo en esta etapa ocurre un amarillamiento y defoliación completa de la planta. En esta fase la presencia de lluvia es perjudicial porque hace perder la calidad y sabor del grano.

1.6. REQUERIMIENTOS DEL CULTIVO

La FAO (2007) sugiere que por ser una planta muy plástica y tener amplia variabilidad genética, se adapta a diferentes climas desde el desértico, caluroso y seco en la costa hasta el frío y seco de las grandes altiplanicies, pasando por los valles interandinos templados y lluviosos, llegando hasta las cabeceras de la ceja de selva con mayor humedad relativa y a la puna y zonas cordilleranas de grandes altitudes, por ello es necesario conocer que genotipos son adecuados para cada una de las condiciones climáticas. Los principales requerimientos de la quinua son:

a) Suelo

La FAO (2007) indica que la quinua prefiere un suelo franco, con buen drenaje y alto contenido de materia orgánica, con pendientes moderadas y un contenido medio de nutrientes, puesto que la planta es exigente en nitrógeno y calcio, moderadamente en fósforo y poco en potasio. También puede adaptarse a suelos franco arenosos, arenosos o franco arcillosos, siempre que se 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.

b) pH

La FAO (2007) señala que la quinua tiene un amplio rango de crecimiento y producción a diferentes pH del suelo, se ha observado que da producciones buenas en suelos alcalinos de hasta 9 de pH, en los salares de Bolivia y de Perú, como también en condiciones de suelos ácidos encontrando el extremo de acidez donde

prospera la quinua, equivalente a 4.5 de pH, en la zona de Michiquillay en Cajamarca-Perú.

Estudios efectuados al respecto indican que pH de suelo alrededor de la neutralidad son ideales para la quinua; sin embargo es conveniente recalcar que existen genotipos adecuados para cada una de las condiciones extremas de salinidad o alcalinidad, por ello se recomienda utilizar un genotipo más adecuado para cada condición de pH, y esto se debe también a la amplia variabilidad genética de esta planta.

d) Agua

La FAO (2007) señala que la quinua es un organismo eficiente en el uso de agua, a pesar de ser una planta C3, puesto que posee mecanismos morfológicos, anatómicos, fenológicos y bioquímicos que le permiten no solo escapar a los déficit de humedad, sino tolerar y resistir a 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, como es el caso del altiplano sur boliviano, zonas denominadas Salinas de Garci Mendoza, Uyuni, Coipasa y áreas aledañas a Llica, lógicamente con tecnologías que permiten almacenar agua y utilizar en forma eficiente y apropiada así como genotipos específicos y adecuados a dichas condiciones de déficit de humedad, sin embargo de acuerdo a las últimas investigaciones efectuadas se ha determinado que la humedad del suelo equivalente a capacidad de campo, constituye exceso de agua para el normal crecimiento y producción de la quinua, siendo suficiente solo $\frac{3}{4}$ de capacidad de campo ideal para su producción, por ello los campesinos tienen la perspectiva de indicar y pronosticar que en los años secos se obtiene buena producción de quinua y no así en los lluviosos, lo cual coincide exactamente con los resultados de estas nuevas investigaciones.

e) Temperatura

Mujica (1993) aduce que la quinua tolera una amplia variedad de climas. La planta no se ve afectada por climas fríos (-1 °C) en cualquier etapa de su desarrollo, excepto el momento de florecer, las flores de las plantas son sensibles al frío (el polen se esteriliza). Una temperatura media anual de 10 a 18 °C y oscilación térmica de 5 a 7

°C es la más adecuada para el cultivo. La planta tolera más de 35 °C; pero no prospera adecuadamente.

La FAO (2007) señala que la temperatura media adecuada para la quinua esta 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, prosperando adecuadamente, al respecto se ha determinado que esta planta también posee mecanismos de escape y tolerancia a bajas temperaturas, pudiendo soportar hasta menos 8 °C, en determinadas etapas fenológicas, siendo la más tolerante la ramificación y las más susceptibles la floración y llenado de grano.

f) Radiación

La radiación es importante, por que regula la distribución de los cultivos sobre la superficie terrestre y además influye en las posibilidades agrícolas de cada región. 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 período vegetativo y productivo.

En la zona de mayor producción de quinua del Perú (Puno), el promedio anual de la radiación global (RG) que recibe la superficie del suelo, asciende a 462 cal/cm²/día, y en la costa (Arequipa), alcanza a 510 cal/cm²/día; mientras que en el altiplano central de Bolivia (Oruro), la radiación alcanza a 489 cal/cm²/día y en La Paz es de 433 cal/cm²/día, sin embargo el promedio de radiación neta (RN) recibida por la superficie del suelo o de la vegetación, llamada también radiación resultante alcanza en Puno, Perú a 176 y en Arequipa, Perú a 175, mientras que en Oruro, Bolivia a 154 y en La Paz, Bolivia a 164, solamente, debido a la nubosidad y la radiación reflejada por el suelo (Frere et al., 1975 mencionados por Mujica *et. al.*, 2001). Vacher *et al.*, 1998 mencionados por Mujica *et. al.*, (2001) determinaron que las condiciones radiativas en el Altiplano de Perú y Bolivia, aparecen muy favorables para la agricultura. Mencionan que una RG elevada favorece una fotosíntesis intensa y una producción vegetal importante, y además una RN baja induce pocas necesidades en agua para los cultivos.

g) Altura

La FAO (2007) indica que la quinua crece y se adapta desde el nivel del mar hasta cerca de los 4000 msnm, quinuas sembradas al nivel del mar disminuyen su periodo vegetativo, comparados a la zona andina, observándose que el mayor potencial productivo se obtiene al nivel del mar habiendo obtenido hasta 6000 kg.ha^{-1} , con riego y buena fertilización.

h) Fotoperiodo

Mujica (1993) menciona que el cultivo muestra adaptación a varios fotoperiodos, desde requerimientos de días cortos para su florecimiento cerca del Ecuador hasta la insensibilidad a las condiciones de luz para su desarrollo en Chile.

La quinua por su amplia variabilidad genética y gran plasticidad, presenta genotipos de días cortos, de días largos e incluso indiferentes al fotoperíodo, 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 (Frere et al., 1975).

1.7. RENDIMIENTO

Mujica (1993) señala que los rendimientos varían de acuerdo a las variedades, fertilización y otras labores culturales realizadas durante el cultivo. Generalmente se obtienen de 600 a 800 kg.ha^{-1} de grano en las variedades tradicionales (Kankolla, Blanca de juli). En la variedad Sajama se ha obtenido hasta 3000 kg.ha^{-1} , siendo general obtener 1500 kg.ha^{-1} . Los rendimientos en broza varían también de acuerdo a la fertilización, obteniéndose en promedio 5000 kg de broza (Kiri) y 200 kg de hojuela pequeña formada por perigonios y partes menudas de hojas y tallos. Mujica et al (2001) reportan rendimientos de 2280 y 3960 kg.ha^{-1} en genotipos seleccionados en la Prueba Americana y Europea de Quinua, organizada por la FAO en lugares como Italia y Grecia. Bonifacio (2003) refiere rendimientos de 1200 kg.ha^{-1} en el

altiplano con variedades obtenidas en la Estación Experimental de Patacamaya – Bolivia y rendimientos más altos (3000 kg.ha^{-1}) con el uso de alta tecnología. 6000 kg.ha^{-1} (Barnett, 2005), en la Costa Peruana en un sistema de ferti-irrigación.

León (2003), aduce que los rendimientos varían en función a la variedad, fertilidad, drenaje, tipo de suelo, manejo del cultivo en el proceso productivo, factores climáticos, nivel tecnológico, control de plagas y enfermedades, obteniéndose entre 800 kg.ha^{-1} a 1400 kg.ha^{-1} en años buenos. Sin embargo según el material genético se puede obtener hasta 3000 kg.ha^{-1} .

Bellido (2017) evaluó el rendimiento de grano de cinco cultivares de grano blanco, el rendimiento varía entre 2962 y 4018 kg.ha^{-1} para los cultivares Compuesto B y Choclito respectivamente. Huancahuari (1996), obtuvo el máximo rendimiento con el cultivar Mantaro con $8721.1 \text{ kg.ha}^{-1}$ y el cultivar CH-06-91 obtuvo menor rendimiento con $2516.9 \text{ kg.ha}^{-1}$, Choquecagua (2010) evaluó en Canaán a 2735 msnm cultivares de grano amarillo, encontró valores de rendimiento de grano entre 8171 y 2375 kg.ha^{-1} para los cultivares CQA025 y CQA051 respectivamente, estos mismos cultivares obtuvieron un rendimiento de grano de 6719 y 5846 kg.ha^{-1} (Amiquero, 2014).

1.8. ÍNDICE DE COSECHA

El índice de cosecha, es un marco fisiológico útil para investigar los efectos del ambiente y del genotipo en el comportamiento del cultivo, es definida como la eficiencia biológica con respecto a la cantidad de grano producida (Apaza, 1995; Charles- Edwards, 1982 citados por Bertero, *et. al.*, 2004). El índice de cosecha es calculado como la proporción de la materia seca del grano sobre la materia seca (Bertero *et. al.*, 2004). En quinua se obtiene de la relación entre el peso de la semilla (rendimiento económico) y el peso seco de toda la planta, incluyendo la semilla (rendimiento biológico)

El índice de cosecha de quinua en el campo se encuentra entre $0,3$ y $0,5$. El desarrollo del índice de cosecha toma poco tiempo para los cultivares precoces y desde 80 a 100 días para los tardíos (FAO *et. al.*, 2012). En un estudio realizado por

Spehar y Santos en Brasil, se encontraron valores de índice de cosecha bajos para genotipos tardíos y valores altos para genotipos precoces, esto demuestra que es posible desarrollar quinua para producciones altas de grano y biomasa en los sistemas agrícolas de zonas donde las temperaturas son altas, como Brasil (Spehar y Santos, 2005).

1.9. PESO DE MIL GRANOS

El peso de mil granos es un parámetro con el que se mide indirectamente la calidad del grano ya que a mayor peso de mil granos se tendrá granos mejor llenados y de mayor calidad (Apaza, 1995). El tamaño de los granos varía bastante entre cultivares, bajo condiciones sin estrés el peso de mil grano está entre 1,2 y 6 gramos (Rojas, 2003 citado por FAO et. al., 2012).

1.10. ÉPOCAS DE SIEMBRA

Agrobanco (2012) señala que la época de siembra del cultivo de quinua dependerá de la disponibilidad de agua, de la variedad y de la altitud.

En lugares con disponibilidad de agua es decir con riego se puede adelantar o retrasar las épocas de siembra dependiendo de la variedad. Existen variedades precoces, semitardías y tardías, por ejemplo la variedad Kancolla es tardía significa que la mejor época de siembra será hasta la quincena de Octubre, pero esto también dependerá mucho de la humedad del suelo, es decir de las primeras precipitaciones del mes de Octubre que por cierto son ínfimas. La variedad Blanca de Junín es también tardía. Para variedades precoces la época es todavía hasta la primera semana de diciembre como Salcedo INIA y Sajama.

El SENASA (2014) menciona que la época de cultivo depende de la altitud, las lluvias y la variedad a sembrar.

En **costa** se realiza en los meses de junio-agosto, también desde setiembre, pero existen limitaciones que reducen el rendimiento del cultivo, debido a:

- Temperaturas altas.
- Incremento de la población y daño por plagas.
- Alta humedad relativa, que repercute en el incremento de mildiú, afecta la maduración, cosecha, secado del grano, almacenamiento y calidad del grano.

En **sierra**, la época de siembra se realiza con el inicio de la temporada de lluvias que generalmente inicia en los meses de octubre y noviembre y termina entre abril y mayo.

La referencia para definir los meses de siembra es: A mayor altitud (metros sobre el nivel del mar), las siembras se realizan entre los meses de octubre y a más tardar hasta la quincena de noviembre. Solo puede retrasarse las siembras de las variedades precoces.

La quinua debe ser sembrada cuando haya suficiente humedad en el suelo, después de, por lo menos, 30-45 mm de precipitación, para asegurar la germinación de la semilla y el establecimiento de la planta.

Para las variedades tardías con un alto potencial de rendimiento, una siembra temprana es un requisito importante. Para las variedades precoces, la siembra puede darse hasta noviembre, especialmente por la falta de lluvias.

Las siembras en la sierra en plena época de lluvia corren riesgo de perderse, porque la quinua entre la germinación y emergencia es muy susceptible a la excesiva humedad del suelo.

Se ha evidenciado que se tiene marcada, la época de siembra (campaña agrícola grande) en las siguientes regiones de nuestro País:

- Región Puno, las mayores áreas de siembra se dan entre fines del setiembre hasta la quincena de noviembre. Es la zona, que siembra de manera adelantada porque la gran mayoría de sus unidades productivas se encuentra por encima de los 3500 msnm.

- En las regiones de Ayacucho, Apurímac, Junín y Cusco, en su mayoría las grandes siembras inician entre la quincena de octubre hasta fines de noviembre. Sin embargo en las zonas bajas de estos departamentos las siembras se prolongan hasta fines de diciembre, en el caso particular de Ayacucho (zonas bajas) que cuentan con sistemas de riego las siembras son todo el año.
- La zona de Sierra Norte (caso La Libertad), las siembras son las más retrasadas, inician a la quincena de noviembre y terminan a fines de diciembre, en las zonas bajas por debajo de los 3000 msnm, las siembras terminan en el mes de enero.
- En la costa norte (Lambayeque y Piura) y Costa Sur (Ica y Arequipa) la mejor época de siembra es de mayo hasta agosto; sin embargo, dependerá de la disponibilidad de agua, de la variedad y altitud.

Es importante la época de siembra por que las variedades de ciclo vegetativo relativamente corto corren el riesgo de ser afectadas durante el periodo de lluvias, por una madurez anticipada antes que termine el período de lluvias, ocasionando que los granos en las panojas se manchen y en algunos casos germinen. En cuanto a las variedades de ciclo vegetativo largo, ocurre que en la época de lluvia no alcanza hasta la floración y madurez de los granos, generándose abortos y por lo tanto bajos rendimientos.

1.11. EVAPOTRANSPIRACIÓN Y EFICIENCIA DE USO DE AGUA

1.11.1. Evapotranspiración

El agua es un factor de producción esencial en la agricultura, su movimiento en el entorno vegetal tiene lugar a través del sistema suelo-planta atmósfera.

En dicho contexto, se definen términos como la evaporación, transpiración, la evapotranspiración del cultivo, la evapotranspiración de referencia y el coeficiente de cultivo.

Según la FAO (2006) la evaporación es el proceso por el cual el agua líquida se convierte en vapor de agua y se retira de la superficie evaporante. La transpiración consiste en la vaporización del agua líquida contenida en los tejidos de la planta y su posterior remoción hacia la atmósfera. Los cultivos pierden agua predominantemente

a través de los estomas. La evaporación y la transpiración ocurren simultáneamente y es difícil distinguir ambos procesos. En las primeras etapas del cultivo, el agua se pierde principalmente por evaporación directa del suelo, pero a medida que se desarrolla el cultivo y cuando finalmente este cubre totalmente el suelo, la transpiración se convierte en el proceso principal.

El concepto de evapotranspiración incluye diferentes definiciones a su vez, la evapotranspiración del cultivo de referencia (E_{To}), la evapotranspiración del cultivo bajo condiciones estándar (E_{Tc}).

La E_{To} es un parámetro relacionado con el clima que expresa el poder evaporante de la atmósfera, expresa la tasa de evapotranspiración de una superficie de referencia que ocurre sin restricciones de agua y la superficie de referencia corresponde a un cultivo hipotético de pasto con características específicas. El único factor que afecta la E_{To} es el climático, por lo tanto puede también ser calculado en función a estos parámetros y de este punto de vista la FAO (2006) recomienda el método de Penman-Monteith, como uno de los métodos que más se aproxima a la estimación de la E_{To} .

La E_{Tc} se refiere a la evapotranspiración en condiciones óptimas presentes en parcelas con un excelente manejo y adecuado aporte de agua y que logra la máxima producción de acuerdo a las condiciones climáticas. Se refiere a la evapotranspiración de cualquier cultivo cuando se encuentra exento de enfermedades, con buena fertilización y que se desarrolla en parcelas amplias, bajo condiciones óptimas de suelo y agua, y que alcanza la máxima producción de acuerdo a las condiciones climáticas reinantes. La E_{Tc} puede ser determinada a través de lisímetros o calculada a partir del producto de la E_{To} con el Coeficiente del cultivo (K_c), el K_c cambia desde la siembra hasta la cosecha debido a las variaciones en las características del cultivo durante sus diferentes fases fenológicas.

1.11.2. Eficiencia de uso de agua

Tal como se ha descrito anteriormente, la evapotranspiración constituye un importante componente del intercambio de calor latente en el estudio de balance de

energía de los cultivos. Como resultado de la asimilación del dióxido de carbono en la fotosíntesis la energía radiante es transformada en energía química, y tras la oportuna respiración la evidencia del crecimiento de las plantas queda patente cuando se estudia su biomasa.

La producción de los cultivos en el entorno de la sostenibilidad de los sistemas agrarios está altamente comprometida con el uso racional de un recurso tan escaso como el agua, y tanto ecológica como agronómicamente una interesante forma de evaluar el uso que hacen los cultivos, son los índices de eficiencia en el uso del agua (EUA).

Se entiende por la EUA la relación existente entre la biomasa presente en un determinado momento en un cultivo por unidad de agua utilizado por éste. (Fernández y Camacho, 2005).

1.12. MÉTODOS PARA DETERMINAR LA EVAPOTRANSPIRACIÓN DE CULTIVO Y DE REFERENCIA

1.12.1. Métodos directos

Denominado también método de las medidas de las variaciones del contenido de la humedad del suelo. Se basan en el balance hídrico, el cual se determina mediante los siguientes métodos:

- Método del lisímetro.
- Método gravimétrico (por muestreo de humedad del suelo).
- Método del tanque evaporímetro Clase “A”.

1.12.2. Métodos indirectos

La mayoría de los métodos indirectos para estimar la ETo emplean las variables climáticas, debido a la dificultad de obtener mediciones directas y exactas en condiciones reales. La mayoría de las fórmulas de predicción recurren a una diferenciación entre los elementos del clima y el cultivo.

Tenemos a las siguientes:

- Método Penman – Monteith
- Método de Hargreaves

a) Método del Lisímetro

El método lisimétrico mide directamente la evapotranspiración potencial de un cultivo de cobertura completa (generalmente pasto perenne), sometido a condiciones óptimas de humedad (Torres, 1983).

Para fines de evaluación del requerimiento hídrico del cultivo fueron instalados dispositivos denominados lisímetros, del tipo *nivel freático constante* (NFC), instrumento en material de fibra de vidrio, que nos permitió medir el agua evaporada por el suelo y la transpirada por los cultivos, es decir el consumo de agua de los cultivos. El instrumental lisimétrico consta de un tanque evaporímetro con el cultivo, tanque de control de nivel freático (TCNF), tanque alimentador para suministrar agua al sistema (TA), sistema de lectura (pipeta de 50 ml) y sistema de verificación del nivel freático (piezómetro). El sistema permite mantener en el tanque con el cultivo, la humedad del suelo en capacidad de campo.

Las observaciones lisimétricas de campo, fueron registrados en la planilla de datos (ANEXO 08). La lectura se realizó a las 07:00 y 19:00 horas en una pipeta de 50 ml, instalado en el tanque alimentador; la reposición de agua se realizó antes de que el consumo del agua en la pipeta llegue a su máximo, para lo cual se observó permanentemente el nivel del agua en el tanque de control y en el piezómetro, con el fin de mantener por el sistema de vasos comunicantes el mismo nivel freático en el tanque evapotranspirómetro con cultivo.

b) Método Penman – Monteith

Para Santa Olalla (2005) en el transcurso de las últimas décadas se ha ido produciendo un proceso de decantación de las diferentes metodologías y procedimientos para estimar la evapotranspiración de una cubierta vegetal, decantación basada en un gran número de trabajos experimentales y teóricos. Hoy en día es ampliamente aceptado que el mecanismo biofísico de la evapotranspiración se describe adecuadamente mediante la denominada ecuación de Penman – Monteith.

La evapotranspiración potencial o de referencia (ET_o) se ha determinado utilizando la ecuación de Penman Montith (FAO, 2006), a partir de la información diaria de datos meteorológicos generados en las estaciones meteorológicas automáticas. La ecuación general es la siguiente:

$$ET_o = \frac{1}{\lambda} \left(\frac{\Delta(R_n - G) + \rho_a c_p \frac{(e_s - e_a)}{r_a}}{\Delta + \gamma \left(1 + \frac{r_s}{r_a}\right)} \right)$$

Donde:

ET_o = evapotranspiración de referencia según la ecuación (mm día⁻¹)

λ = calor latente de vaporización (MJ kg⁻¹)

Δ = pendiente de la curva que relaciona la presión de vapor con la temperatura del aire (kPa °C⁻¹)

R_n = radiación neta en la superficie del cultivo (MJ m⁻² día⁻¹)

G = flujo térmico del suelo (MJ m⁻² día⁻¹)

ρ_a = densidad del aire seco a presión constante (kg m⁻³)

c_p = calor específico del aire (MJ kg⁻¹°C⁻¹)

(e_s - e_a) = déficit de presión de vapor (kPa)

γ = constante psicrométrica (kPa °C⁻¹)

r_s y r_a = resistencia superficial del cultivo de referencia y aerodinámica (s m⁻¹)

Las estimaciones de la ET_o fueron realizados a partir del uso del Software AquaCrop de la FAO.

c) **Determinación de la necesidad de agua de los cultivos**

La FAO (1990) recomienda como mejor método para determinar la necesidad de agua de cultivos agrícolas (N_c) los métodos lisimétricos.

Las pérdidas de agua por evapotranspiración del cultivo de quinua, leídos en la pipeta de 50ml, para el día calendario “n”, se ha calculado con las siguientes relaciones:

$$\begin{aligned}
 Nc_{día_n} &= (lectura_{19h_n} - lectura_{7h_n}) \\
 Nc_{noche} &= (lectura_{7h_{día_{n+1}}} - lectura_{19h_{día_n}}) \\
 Nc_{total} &= (N_{día} + Nc_{noche}) \\
 Nc_{total} &= (N_{día} + Nc_{noche}) * F_c
 \end{aligned}$$

Donde:

$Nc_{día_n}$: Pérdida de agua del cultivo en el día n (ml)

Nc_{noche} : Pérdida de agua por el cultivo en la noche (ml)

Nc_{Total} : Pérdida total agua en el día n (ml)

F_c Factor de corrección ajustado para transformar ml a mm.

El factor de conversión depende del área del tanque *evapotranspirómetro*; para el caso del evapotranspirómetro con cultivo de quinua que tiene aéreo (3,1 m²), el factor ajustado de ajuste es:

$$1ml_{pipeta} = 0.241mm$$

Finalmente, calculado la evapotranspiración de referencia ETP, por el método de Penman Montith, y la evapotranspiración o necesidad de agua Nc del cultivo de quinua por el método lisimétrico, ambos expresados en la misma unidad (mm), calculamos el uso consuntivo de agua de cada uno de los cultivos - Kc, mediante la siguiente relación:

$$Nc = Kc * ETo$$

A partir del cual despejamos el Kc del cultivo estudiado.

$$Kc = \frac{Nc}{ETo} \text{ (a dim } imensional \text{)}$$

Donde:

Nc = Necesidad de agua de cultivos agrícolas (mm)

Kc= Coeficiente de cultivo (adimensional)

ETP = Evapotranspiración potencial del cultivo de referencia (mm)

CAPÍTULO II

METODOLOGÍA

2.1. UBICACIÓN DEL EXPERIMENTO

El presente trabajo de investigación se realizó en la Estación Experimental Agraria Canaán – INIA, ubicado en el distrito Andrés Avelino Cáceres, provincia de Huamanga y departamento de Ayacucho, a 2735 msnm, 13° 08' 14" latitud sur y 74° 13' 14" longitud oeste.

2.2. ANTECEDENTES DEL CAMPO EXPERIMENTAL

En la parcela destinada para el presente experimento se sembró alcachofa (*Cynara scolymus*), en la campaña agrícola anterior 2009-2010, utilizando fertilizantes sintéticos para el abonamiento.

2.3. CONDICIONES CLIMÁTICAS

Los datos climáticos (temperatura y precipitación), correspondientes a la campaña agrícola 2010-2011, se presentan en la tabla 2.1.

Los datos se obtuvieron de la Estación de Servicio Nacional Meteorológica e Hidrología (Senamhi) de Canaán.

Se observa que los promedios mensuales de las temperaturas mínima, media y máxima fueron de 8.1, 16.0 y 23.9 °C respectivamente. La precipitación acumulada durante la campaña agrícola 2010-2011 fue de 759.9 mm.

El balance hídrico se realizó utilizando la metodología propuesta por la Oficina Nacional de Evaluación de Recursos Naturales (ONERN, 1976). En el que se observa déficit de humedad en los meses de julio a diciembre del 2010 y mayo a

junio del 2011; las precipitaciones de los meses enero a abril superan la evapotranspiración realizada, por lo tanto hubo suficiente humedad en el suelo (tabla 2.1).

2.4. CONDICIONES EDÁFICAS

Para determinar las características físicas y químicas del suelo, se realizó el correspondiente análisis en el Laboratorio de Suelos “Nicolás Roulet” del Programa de Investigación en Pastos y Ganadería de la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga.

Las muestras para el análisis fueron tomadas hasta una profundidad de 20 cm. de la superficie del suelo agrícola (método convencional) y tratando de cubrir toda el área delimitada, luego todas las muestras extraídas fueron mezclados y cuarteados para formar la muestra representativa, compuesta de 0.5 kg; los resultados del análisis se muestran en la tabla 2.2.

De la tabla

2.2, se tiene 0.06% de N total, P disponible 54.5 ppm y K disponible 120.3 ppm; los cuales de acuerdo a la interpretación de Ibáñez y Aguirre (1983) representan contenidos bajo, muy alto y medio respectivamente. Además la clase textural pertenece al tipo arcilloso.

A partir de este análisis de suelo, sumado a las recomendaciones del INIA, se eligió la fórmula de abonamiento de 80-80-40 de NPK, que corresponde a 106 kg.ha^{-1} de Urea (46 % N), 174 kg.ha^{-1} de Fosfato Diamónico (18 % N y 46 P_2O_5), y 67 kg.ha^{-1} de Cloruro de Potasio (60 % K_2O), además se agregó 400 kg.ha^{-1} de Guano de Isla. (8 sacos).

Tabla 2.1. Temperatura máxima, mínima, media y balance hídrico correspondiente a la campaña agrícola 2010-2011 de la Estación Meteorológica de Canaán - INIA (Senamhi) - Ayacucho

Distrito	: Andrés Avelino Cáceres Dorregaray	Altitud	: 2735 msnm
Provincia	: Huamanga	Latitud	: 13° 10' 09"
Departamento	: Ayacucho	Longitud	: 74° 12' 82"

Año	2010						2011						Total	Media
	Mes	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May		
T° Máxima media mensual (°C)	25.40	25.40	25.10	24.50	25.00	25.20	23.84	21.57	21.00	21.91	23.71	23.99	23.88	
T° Mínima media mensual (°C)	7.10	7.80	9.60	8.50	7.20	6.80	4.76	10.76	10.65	9.84	7.56	6.30	8.07	
T° Media mensual (°C)	16.25	16.60	17.35	16.50	16.10	16.00	14.30	16.17	15.83	15.87	15.64	15.15	15.98	
Factor	4.96	4.96	4.80	4.96	4.80	4.96	4.96	4.64	4.96	4.80	4.96	4.80		
ETP (mm)	80.60	82.34	83.28	81.84	77.28	79.36	70.93	75.01	78.49	76.19	77.55	72.70	935.56	0.81
Precipitación (mm)	0.60	12.00	10.80	35.88	37.90	62.90	121.78	186.30	134.20	136.60	16.10	4.80	759.86	
ETP Ajustado(mm)	65.46	66.87	67.64	66.47	62.77	64.46	57.61	60.92	63.75	61.88	62.99	59.04		
Humedad de suelo (mm)	-64.86	-54.87	-56.84	-30.59	-24.87	-1.56	64.17	125.38	70.45	74.72	-46.89	-54.24		
Exceso (mm)							64.17	125.38	70.45	74.72				
Déficit (mm)	-64.86	-54.87	-56.84	-30.59	-24.87	-1.56					-46.89	-54.24		

Tabla 2.2: Características físico y químico del suelo de la Estación Experimental Canaán-INIA Ayacucho

Característica	Resultado		Interpretación
	Valor	Método	
Análisis físico			
Arena (%)	40.20	Bouyoucus	Arcilloso
Limo (%)	13.10	Bouyoucus	
Arcilla (%)	46.70	Bouyoucus	
Clase Textural	Arcilloso	Triángulo textural	
Análisis químico			
pH	6.32	Potenciometría	Ligero ácido
Materia Orgánica (%)	1.27	Walkley Black	Bajo
Nitrogeno Total (%)	0.06	Kjeldahl	Bajo
P disponible (ppm)	54.50	Bray-Kurtz	Bajo
K disponible (ppm)	120.30	Turbidimétrico	Muy alto
CIC	7.88	Acetato amonio pH 7	Medio

Fuente: Laboratorio de suelos "Nicolás Roulet" del Programa de Investigación en Pastos y Ganadería de la UNSCH.

2.5. VARIETADES EN ESTUDIO

Se utilizaron cuatro variedades de quinua procedentes de Ayacucho y Puno, cuyas características son:

Variedad Blanca de Junín:

- Periodo vegetativo : 180 a 200 días
- Tipo de panoja : Glomerulada laxa
- Altura de planta : 1.60 a 2.00 m.
- Rendimiento : 2500 kg/ha
- Resistente a enfermedades : Mildiú (*Peronospora farinosa*).
- Granos blancos, medianos, de bajo contenido de saponina.

Variedad Killahuamán:

- Periodo vegetativo : 150 a 160 días
- Tipo de panoja : Amarantiforme semi laxa
- Altura de planta : 1.60 m.
- Rendimiento : 3500 kg/ha
- Resistente a enfermedades : Mildiú y ataque de K'cona K'cona
- Grano mediano, color blanco, bajo contenido de saponina.

Variedad Pasankalla:

- Periodo vegetativo : 144 días
- Tipo de panoja : Amarantiforme
- Altura de planta : 0.90 a 1.30 m.
- Rendimiento : 3,500 a 4,500 kg/ha
- Resistente a enfermedades : Mildiú (*Peronospora farinosa*).
- Grano de color de 2.0 mm de diámetro de sabor dulce.

Variedad Salcedo Inia:

- Periodo vegetativo : 125 a 155 días
- Tipo de panoja : Glomerulada
- Altura de planta : 1.29 m
- Rendimiento : 2,500 Kg/ha
- Resistente a enfermedades : Mildiú (*Peronospora farinosa*).
- Grano blanco, grande (2.0 mm diámetro de sabor dulce por lo que no requiere de un lavado exigente)

2.6. FACTORES EN ESTUDIO**Épocas de siembra (e):**

- e1. Primera época de siembra 25/11/2010
- e2. Segunda época de siembra 25/12/2010

Variedades de quinua (v):

- v1. Blanca de Junín

v2. Killahuamán

v3. Pasankalla

v4. Salcedo Inia

2.7. DISEÑO EXPERIMENTAL

El diseño estadístico utilizado en el experimento fue el Diseño Bloque Completo Randomizado (DBCR) con cuatro repeticiones y cuatro tratamientos (variedades de quinua). El experimento básico se repitió en dos épocas de siembra. El modelo aditivo lineal del DBCR es el siguiente:

$$Y_{ij} = \mu + \tau_i + \beta_j + \varepsilon_{ij}$$

Donde:

Y_{ij} es una observación de la i -ésima variedad y j -ésimo bloque

μ es el promedio de las unidades experimentales

τ_i es el efecto de la i -ésima variedad

β_j es el efecto del j -ésimo bloque

ε_{ij} es el error experimental

i , es el subíndice de variación de variedades, varía de 1, 2, 3, ..., v

j , es el subíndice de variación de bloques o repeticiones, varía de 1, 2, 3, ..., r

v es el número de tratamientos

r es el número de bloques o repeticiones

2.8. ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Se realizó el análisis estadístico de experimentos en el Diseño Bloque Completo Randomizado, con arreglo factorial de variedades por épocas de siembra con cuatro repeticiones, el modelo aditivo lineal correspondiente es el siguiente:

$$Y_{ijk} = \mu + \gamma_k + \beta_{j(k)} + \tau_i + (\tau\gamma)_{ik} + \varepsilon_{ijk}$$

Donde:

Y_{ijk} es una observación de la i -ésima variedad, j -ésimo bloque y k -ésima época

μ es el promedio de las unidades experimentales

γ_k es el efecto de la k-ésima época

τ_i es el efecto de la i-ésima variedad

$\beta_{j(k)}$ es el efecto del j-ésimo bloque en la k-ésima época

$(\tau\gamma)_{ik}$ es la interacción del i-ésima variedad en la k-ésima época

ϵ_{ijk} es el error experimental

i, es el subíndice de variación de variedades, varia de 1, 2, 3, ..., v

j, es el subíndice de variación de bloques o repeticiones, varia de 1, 2, 3, ..., r

k, es el subíndice de variación de épocas, varia de 1, ..., e

v es el número de variedades

r es el número de bloques o repeticiones

e es el número de épocas

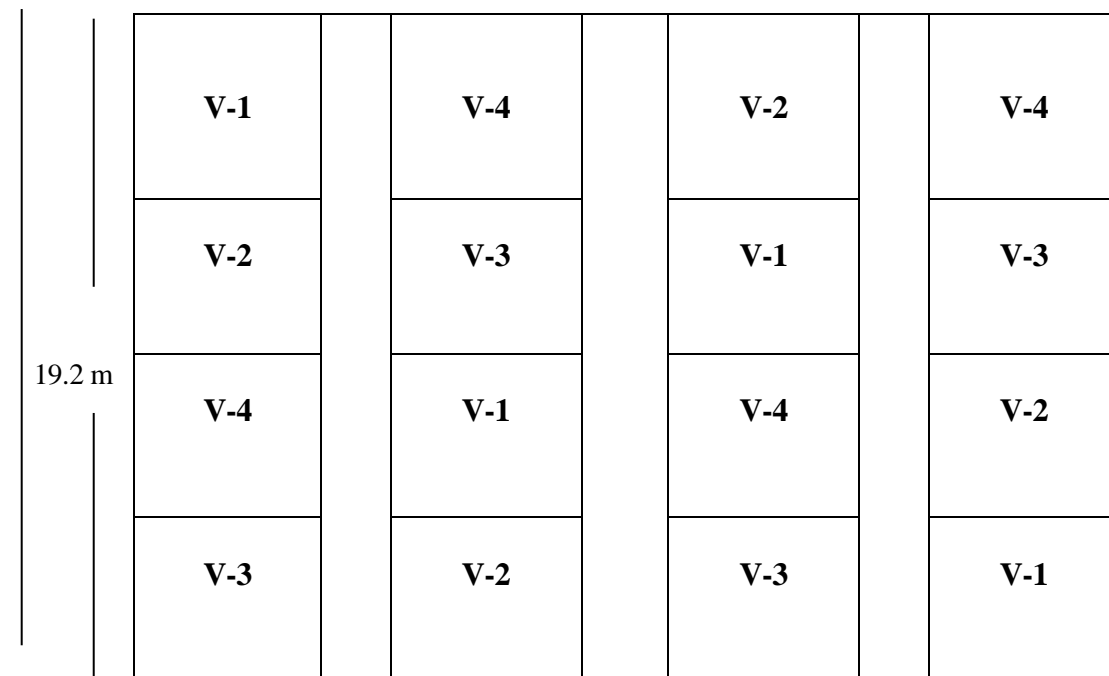
2.9. CAMPO EXPERIMENTAL

A continuación se detalla las características del terreno del experimento básico.

- Área total del experimento : 528.0 m²
- Área de experimento : 460.8 m²
- Área de repeticiones : 115.2 m²
- Área experimental/variedad : 28.8 m²
- Número de surcos/parcela : 6 surcos
- Ancho del surco : 0.80 m
- Longitud del surco : 6.00 m
- Número de bloques (repeticiones) : cuatro (I-II-III-IV)
- Número de variedades : cuatro
- Densidad de siembra : 10 kg/ha.
- Cantidad de semilla por parcela : 28.8 gramos
- Cantidad de semilla por variedad : 115.2 gramos
- Sistema de siembra : a chorro continuo
- Fertilización : 80-60-40 (NPK)

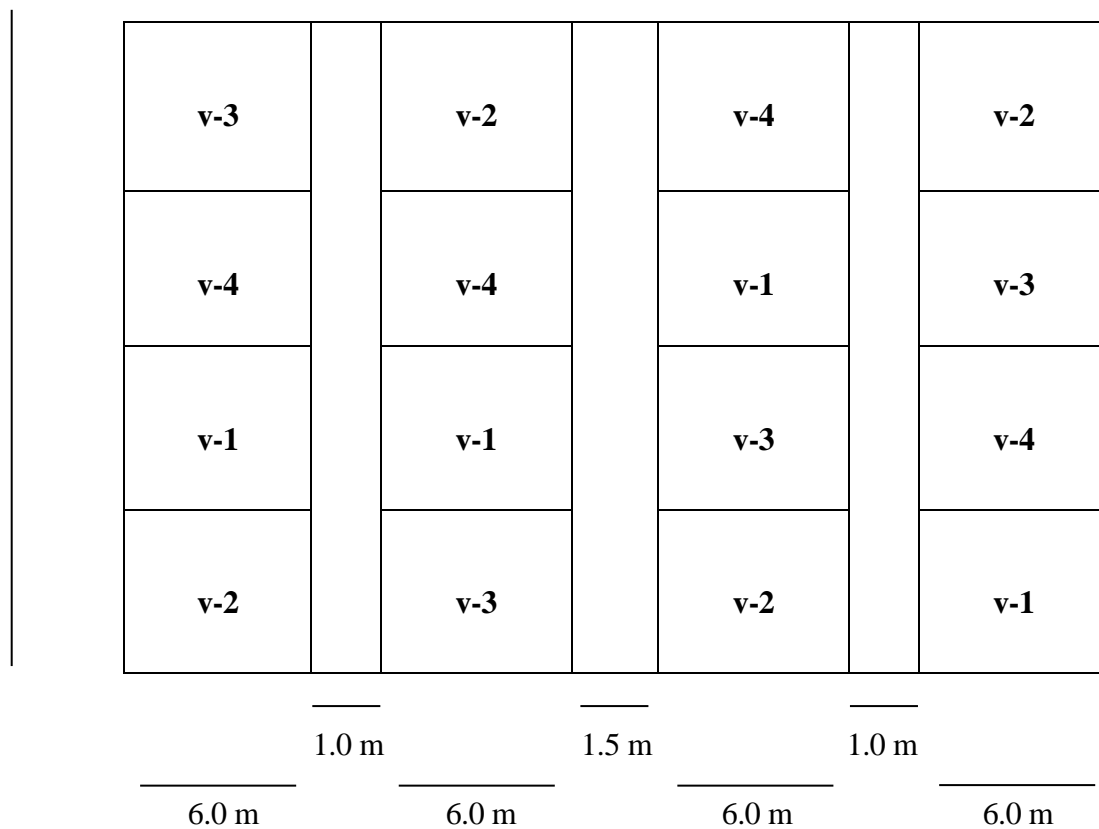
**CROQUIS DE INSTALACIÓN Y RANDOMIZACIÓN
CUATRO VARIEDADES Y DOS ÉPOCAS DE SIEMBRA**

Época 1 (25/11/2010)



40 m

Época 2 (25/12/2010)



2.10. VARIABLES EN ESTUDIO

Tabla 2.3. Variables en estudio

Variable	Indicador
Épocas de siembra	Siembra de 25/11/10 Siembra de 25/12/10
Varietades de quinua	Blanca de Junín Killahuamán Pasankalla Salcedo Inia
Estados fenológicos	Emergencia 2 Hojas 4 Hojas 6 Hojas Ramificación Inicio de Panojamiento Panojamiento Inicio de Floración Floración Grano Lechoso Grano Pastoso Madurez Fisiológica
Temperatura	Grados día acumulado °C
Precipitación	Precipitación acumulada mm
Crecimiento	Longitud de raíz cm Peso seco hoja g Peso seco tallo g Peso seco panoja g Peso seco raíz g Área foliar cm ² Índice de área foliar Biomasa MS g m ⁻²
Radiación	Radiación fotosintéticamente activa MJ m ⁻²
Evapotranspiración	ET _o mm día ⁻¹ ET _c mm día ⁻¹ ET _o acumulado mm día ⁻¹ ET _c acumulado mm día ⁻¹ K _c Eficiencia de uso de agua g l ⁻¹
Rendimiento	Altura de planta Peso de panoja Peso de grano por panoja Peso de 1000 semillas Índice de cosecha Rendimiento de grano

2.11. CONDUCCIÓN DEL EXPERIMENTO

Preparación del terreno

La preparación del terreno se realizó el 18 de noviembre del 2010, para ambas fechas de siembra con la ayuda de un tractor agrícola, para dejar el terreno suelto, mullido y nivelado para la siembra. El orden de la preparación fue: aradura, rastreado y mullido del terreno.

Surcado

Los surcos se abrieron con una distancia de 0.80 m entre surco y a una profundidad de aproximadamente de 15 cm de manera uniforme para las cuatro variedades en estudio; haciendo uso de herramientas manuales. Asimismo se acondicionaron las acequias y los canales de riego en las parcelas.

Demarcación y estacado del campo experimental

Para la demarcación del campo experimental se utilizó estacas y yeso, los trazos se realizaron con la ayuda de una wincha y un cordel según el croquis experimental (ver anexos).

Aplicación de fertilizantes

Se utilizó una dosis de abonamiento de 80-60-40 de NPK; y como fuente de abonamiento se utilizaron la Urea agrícola (45% de N), el Fosfato di Amónico (45% de P_2O_5); Cloruro de Potasio (60% de K_2O_5) y 2 sacos de Guano de Isla; para cada época de siembra, a su vez fraccionando la urea en dos: 50% a la siembra y la otra mitad al momento del aporque.

Siembra

Se utilizó 4.8 gramos de semilla por surco y 28.8 gramos por parcela; en las cuatro repeticiones se utilizaron 115.2 gramos por variedad, las semillas fueron desinfectadas con Vitavax a razón de 1.5 g/kg de semilla. La densidad de siembra fue de 10 kg/ha.

Previamente a la instalación del experimento, se realizó el análisis de germinación de semillas para cada variedad, con el que se determinó que el 86% de semillas de la

variedad Blanca de Junín tienen el poder de germinar en condiciones de laboratorio, mientras que la variedad Killahuamán alcanzó el 90% de poder germinativo, la variedad Salcedo Inia 76% y finalmente la variedad Pasankalla con un 84% de poder germinativo.

La siembra se realizó el 25 de noviembre del 2010, para la primera época de siembra con las cuatro variedades; mientras que para la segunda época se realizó un mes después, siendo el 25 de diciembre del mismo año; que consistió en la distribución de la semilla a chorro continuo al fondo del surco, cubriendo a las semillas con una delgada capa de suelo utilizándose ramas de huarango.

Riego

Sólo se aplicó en dos ocasiones para la primera época de siembra, ya que para el segundo las precipitaciones fueron suficientes hasta la madurez fisiológica. Siendo así la primera aplicación de riego el 26 de noviembre y la segunda el 03 de diciembre del 2010.

Deshierbo

Para la primera época de siembra, el deshierbo se realizó en tres oportunidades: El primer deshierbo se hizo a los 43 días después de la siembra (07 de enero del 2011), el segundo deshierbo se hizo a los 69 días de la siembra (02 de febrero del 2011), y por último el tercer deshierbo se hizo a los 95 días de la siembra (28 de febrero del 2011).

En tanto para la segunda época de siembra, el deshierbo se realizó en dos oportunidades: El primer deshierbo se hizo a los 51 días de la siembra (14 de febrero del 2011), el segundo deshierbo se realizó a los 83 días de la siembra (18 de marzo del 2011). Las malezas que se presentaron fueron: Cebadilla, Nabo silvestre, Mostaza, entre otros.

Raleo

Se realizó el 18 de diciembre del 2010 a los 23 días después de la siembra para las cuatro variedades, cuando las plantas se encontraban en la fase fenológica de

ramificación, dejando aproximadamente veinte plantas por metro lineal. Mientras que para la segunda época el raleo se realizó el 27 de enero del 2011 a los 33 días después de la siembra, encontrándose las plantas en la fase fenológica de ramificación.

Aporque

Se realizó 25 días después de cada siembra, esto es para evitar el tumbado de las plántulas y el siguiente aporque fue 50 días después de cada siembra, aprovechándose para la incorporación de la segunda dosis del abonamiento nitrogenado.

Tratamiento fitosanitario

Se hizo tres tratamientos preventivos contra el mildiú para la primera época de siembra: el primer tratamiento se llevó acabo a los 36 días después de la siembra (31 de diciembre del 2010) con 10 ml de TIFON - 30 ml de TRIPLE A - 100 g de FETRILON y 20 g de RIDOMIL en 20 L. de agua para cuatro bloques de quinua, a fin de que las plantas se recuperen del amarillamiento por la excesiva humedad ; el segundo tratamiento se realizó el 21 de enero del 2011, y por último, el tercer tratamiento se hizo el 04 de febrero del 2011.

Al igual que en la primera época, se realizó tres tratamientos preventivos contra el mildiú para la segunda época de siembra: el primer tratamiento se hizo a los 29 días después de la siembra (23 de enero del 2011), con la misma dosis que en la primera época; el segundo tratamiento fue el 04 de febrero del 2011, y el último tratamiento se realizó el 18 de febrero del mismo año.

Cosecha

Se realizó previa evaluación de la madurez de cosecha de los granos, muestreando la parte central de los surcos para evaluar el rendimiento de las plantas, cortando y guardando las panojas en costales con su respectiva etiqueta de identificación. El secado se hizo al ambiente sobre costales, posteriormente se procedió a la trilla en forma manual (frotando), luego de ventear se procedió al pesado en una balanza analítica.

CAPÍTULO III

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. ESTADOS FENOLÓGICOS

Se evaluaron 12 estados fenológicos (tabla 3.1) la emergencia se cumple entre los 10 a 12 días después de la siembra, este rango de 2 días de diferencia no es determinante de la precocidad, así los estados de 2 hojas, 4 hojas, 6 hojas y ramificación que tienen rangos de variación de 1 a 3 días también no determinan la precocidad. El estado fenológico inicio de panojamiento varía entre 35 a 48 días, este rango de 13 días es un indicio de diferencias en la precocidad entre épocas de siembra y entre cultivares, así este carácter en la época de siembra del 25/11/10 varía entre 43 y 48 días y en la época de siembra del 25/12/10 varía entre 35 y 38 días después de la siembra, por lo que en la segunda época este carácter se da en menos días, sin embargo entre variedades dentro de cada época las diferencias fueron mínimas. Los estados fenológicos de panojamiento, inicio de floración, floración, grano lechoso, grano pastoso y madurez fisiológica tienen rangos 9, 24, 28, 21, 25 y 29 días, siendo los mayores valores para la época de siembra del 25/11/10 y menores valores para la época de siembra del 25/12/10 y las diferencias entre variedades dentro de épocas es mínima. El carácter de la madurez fisiológica es el mejor indicador de precocidad, por lo que se estudiará con más detalle mediante análisis de variancia y pruebas de comparación de promedios.

Tabla 3.1. Número de días después de la siembra (dds) para cada estado fenológico de cuatro variedades de quinua (*Chenopodium quinoa* W.) en dos épocas de siembra. Canaán 2735 msnm – Ayacucho

Estado Fenológico	Siembra 25/11/10				Siembra 25/12/10			
	Blanca de	Killahuamán	Pasankalla	Salcedo	Blanca de	Killahuamán	Pasankalla	Salcedo
	Junín			INIA	Junín			INIA
Emergencia	10	10	10	12	10	10	11	11
2 Hojas	15	15	15	17	15	15	16	15
4 Hojas	21	21	21	22	21	22	21	20
6 Hojas	26	26	26	26	26	27	25	25
Ramificación	31	31	31	31	31	31	30	30
Inicio de Panojamiento	47	48	44	43	37	38	36	35
Panojamiento	54	57	53	52	56	54	50	48
Inicio de Floración	77	77	73	70	61	59	55	53
Floración	88	88	80	77	68	66	63	60
Grano Lechoso	95	95	88	85	83	81	78	74
Grano Pastoso	109	109	99	96	100	98	88	84
Madurez Fisiológica	123	123	111	108	119	114	101	94

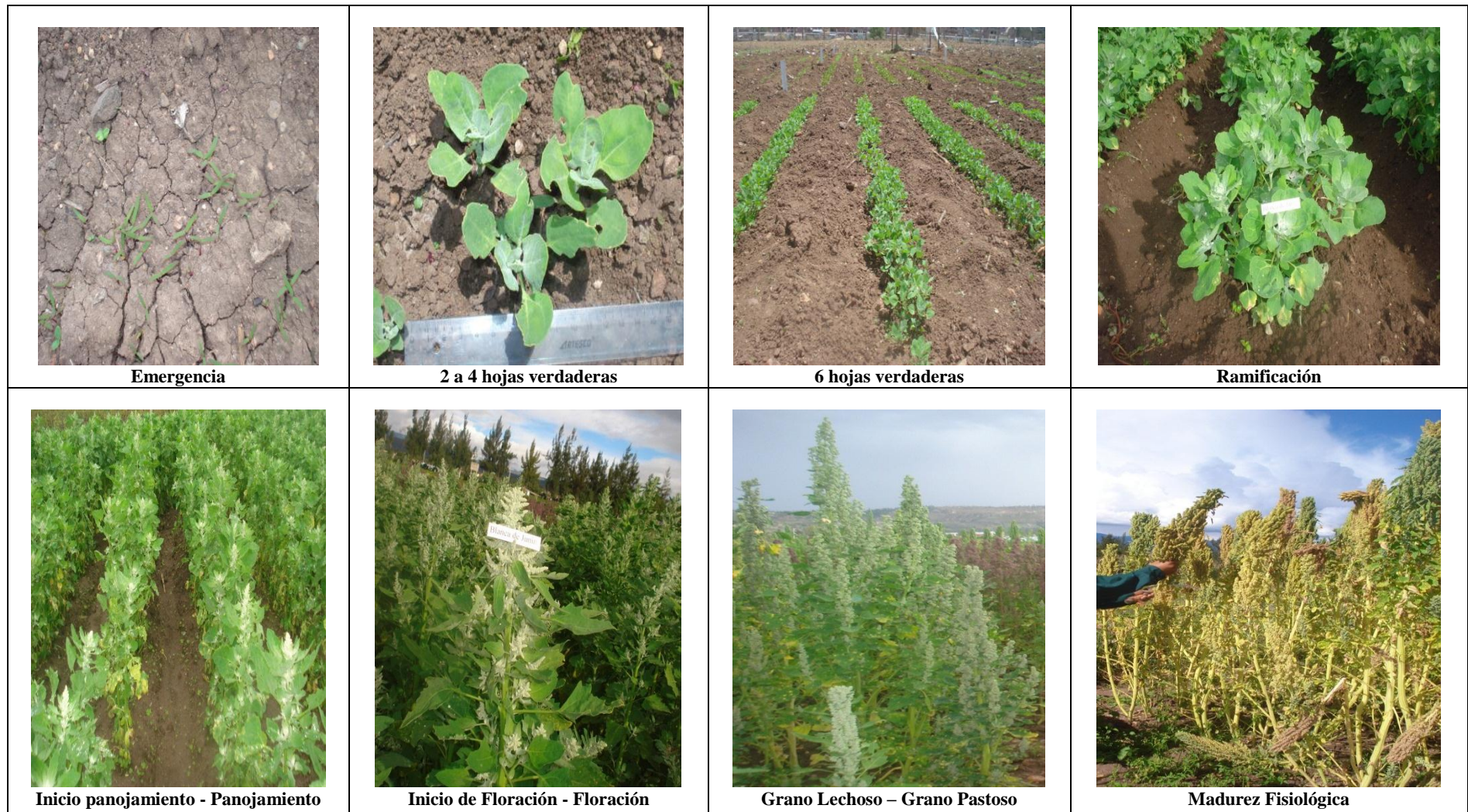


Figura 3.1. Estados fenológicos de quinua variedad Blanca de Junín

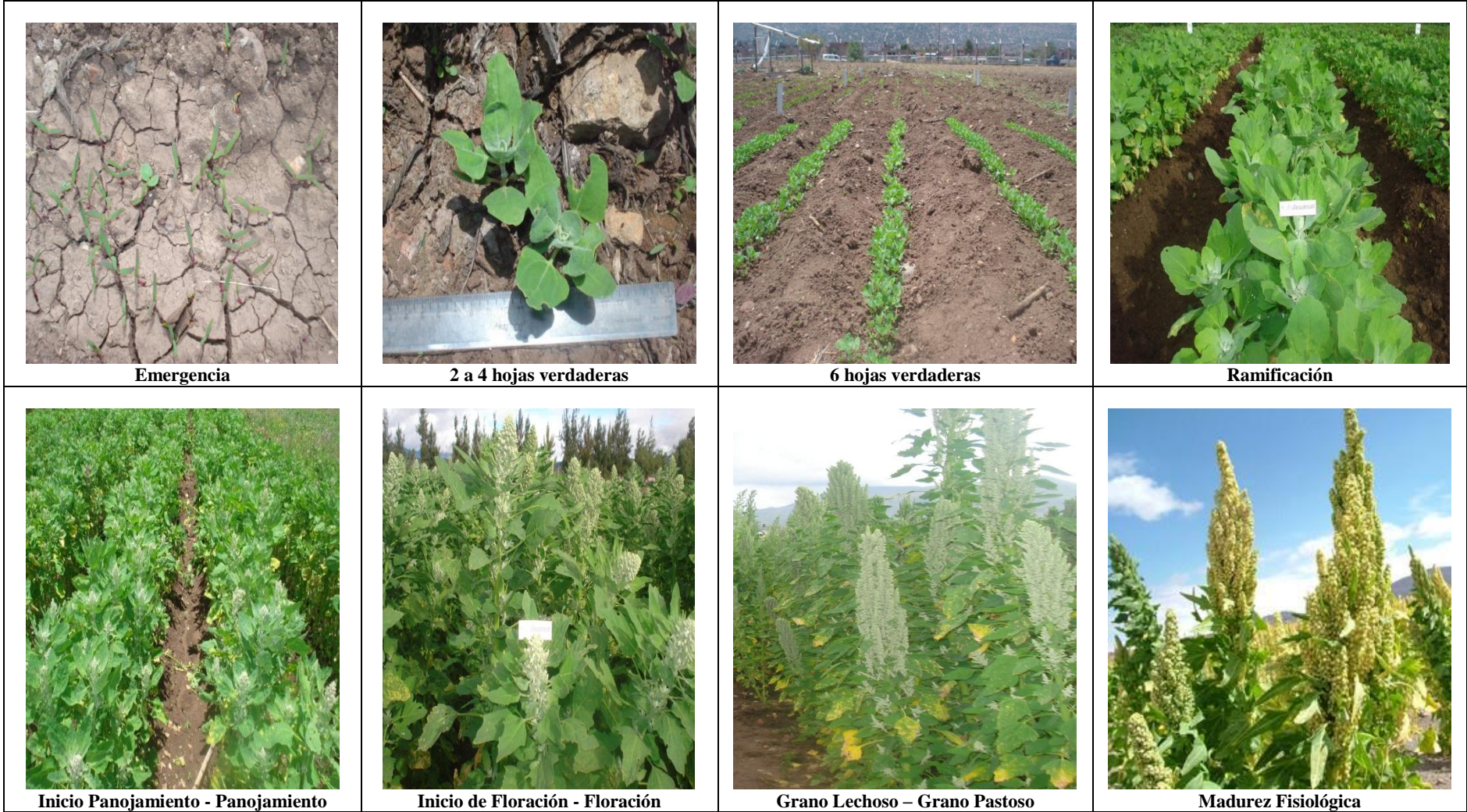


Figura 3.2. Estados fenológicos de quinua variedad Killahuamán



Figura 3.3 Estados fenológicos de quinua variedad Pasankalla

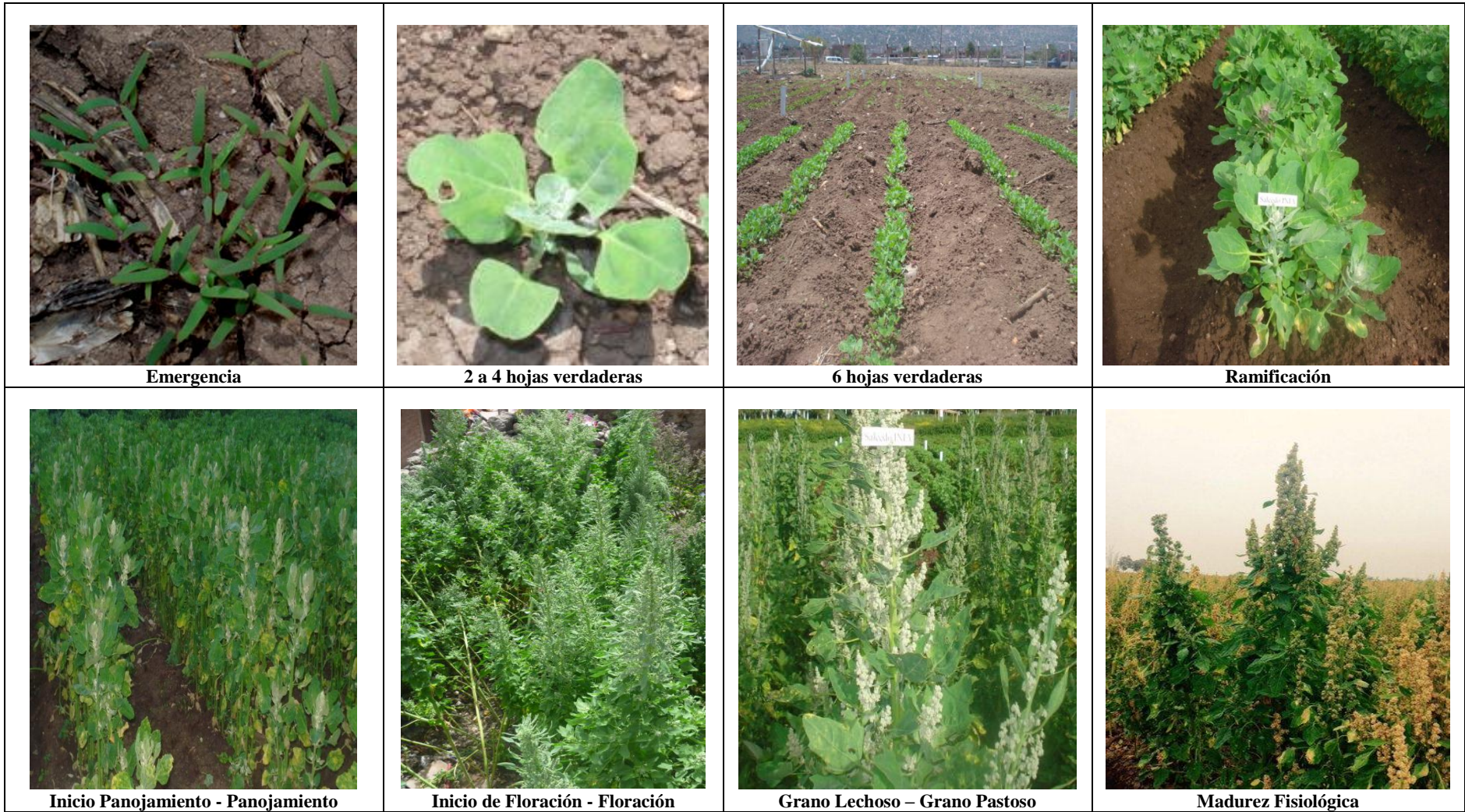


Figura 3.4. Estados fenológicos de quinua variedad Salcedo Inia

Los resultados obtenidos por Bellido (2017) en 5 cultivares de quinua de grano blanco (Compuesto B, Choclito, Blanca de Junín Ayacucho, Blanca de Junín Huancayo y Hualhuas) encontró parecido promedio en cuanto características de precocidad, así la emergencia ocurrió a los 4 días después de la siembra (dds), 2 hojas a los 14 dds, 4 hojas a los 18 dds, 6 hojas a los 22 dds, ramificación entre 29 y 30 dds, panojamiento entre 45 a 52 dds, floración a los 63 a 70 dds, grano lechoso a los 89 a 95 dds, grano pastoso a los 114 a 117 dds y madurez fisiológica a los 126 a 136 dds, considerando la madurez fisiológica, estos cultivares se consideraron como precoces.

Tabla 3.2. Análisis de variancia del estado madurez fisiológica (dds) de cuatro variedades de quinua (*Chenopodium quinoa* W.) en dos épocas de siembra. Canaán 2735 msnm - Ayacucho

Fuente	GL	SC	CM	Fc
Epoca	1	648.00	648.00	119.0 **
Bloque (Epoca)	6	0.00	0.00	N.S
Variedad	3	2173.00	724.33	133.0 **
Variedad x Epoca	3	113.00	37.67	6.9 **
Epoca / B. Junín	1	24.50	24.50	4.5 *
Epoca / Killahuamán	1	144.50	144.50	26.5 **
Epoca / Pasankalla	1	200.00	200.00	36.7 **
Epoca / S. Inia	1	392.00	392.00	72.0 **
Variedad / Epoca 1	3	694.00	231.33	42.5 **
Variedad / Epoca 2	3	1592.00	530.67	97.5 **
Error	18	98.00	5.44	
Total	31	3032.00		

CV (%) = 2.06

Promedio = 113.50

El análisis de variancia de la madurez fisiológica de la tabla 3.2, indica que se encontró diferencia significativa de este carácter entre épocas de siembra, entre variedades y la interacción variedad x época de siembra, al estudiar los efectos simples de esta interacción, se encontró que existe diferencia significativa de época en las cuatro variedades y de variedades en cada época de siembra. El coeficiente de variación fue de 2.06 % con un promedio general de 113.50 dds.

Tabla 3.3. Prueba de Tukey (0.05) de la madurez fisiológica de quinua (*Chenopodium quinoa* W.), de épocas en variedades y variedades en épocas. Canaán 2735 msnm - Ayacucho

Combinación		Madurez fisiológica dds	Tukey 0.05	
Epoca 1	Blanca de Junín	123	a	
Epoca 2	Blanca de Junín	119		b
Epoca 1	Killahuamán	123	a	
Epoca 2	Killahuamán	114		b
Epoca 1	Pasankalla	111	a	
Epoca 2	Pasankalla	101		b
Epoca 1	Salcedo Inia	108	a	
Epoca 2	Salcedo Inia	94		b
Blanca de Junín	Epoca 1	123	a	
Killahuamán	Epoca 1	123	a	
Pasankalla	Epoca 1	111		b
Salcedo Inia	Epoca 1	108		c
Blanca de Junín	Epoca 2	119	a	
Killahuamán	Epoca 2	114		b
Pasankalla	Epoca 2	101		c
Salcedo Inia	Epoca 2	94		d

De la prueba de Tukey (tabla 3.3) se tiene que la madurez fisiológica en la época 1 (25/11/10) es mayor significativamente a los valores de la época 2 (25/12/10) en las variedades Blanca de Junín, Killahuamán, Pasankalla y Salcedo Inia. El orden de precocidad entre variedades (Blanca de Junín > Killahuaman > Pasankalla > Salcedo Inia) se mantiene en ambas épocas. En la época 1 la madurez fisiológica se dieron a los 108, 111, 123 y 123 dds para las variedades Salcedo Inia, Pasankalla, Killahuamán y Blanca de Junín respectivamente, sin diferencia significativa entre las dos últimas variedades y en la época 2 se dieron a los 94, 101, 114 y 119 dds en el mismo orden de las variedades, todas con diferencia significativa.

Amiquero (2014) refiere que la categoría de variedades que tienen un rango de madurez fisiológica entre 117 y 145 dds son precoces, independientemente de la altura sobre el nivel del mar en que se desarrolle el cultivo.

3.2. TEMPERATURA, PRECIPITACIÓN, CRECIMIENTO Y DESARROLLO

Los mayores valores de temperatura, precipitación y crecimiento se dan en la época 1 y los menores valores en la época 2, así los grados día acumulados fueron de 2061 °C vs 1986 °C, la precipitación acumulada fue de 480.4 mm vs 454.8 mm, altura de planta fue de 168.7 cm vs 159.8 cm, longitud de raíz fue de 27.2 cm vs 16.3 cm, peso seco total (hoja, tallo, panoja y raíz) fue de 106.04 g vs 90.90 g y área foliar máxima fue de 1722.13 cm² vs 680.38 cm² (tabla 3.4)

Salisbury y Ross (1992) señalan que un hecho evidente es que el medio ambiente puede modificar notablemente el desarrollo. Las plantas reaccionan fuertemente a los cambios de temperatura. En el presente estudio se evidencia que el ambiente de la época 1, fue favorable para el crecimiento y desarrollo de la quinua, comparado con la época 2 como se muestra en la tabla 3.4.

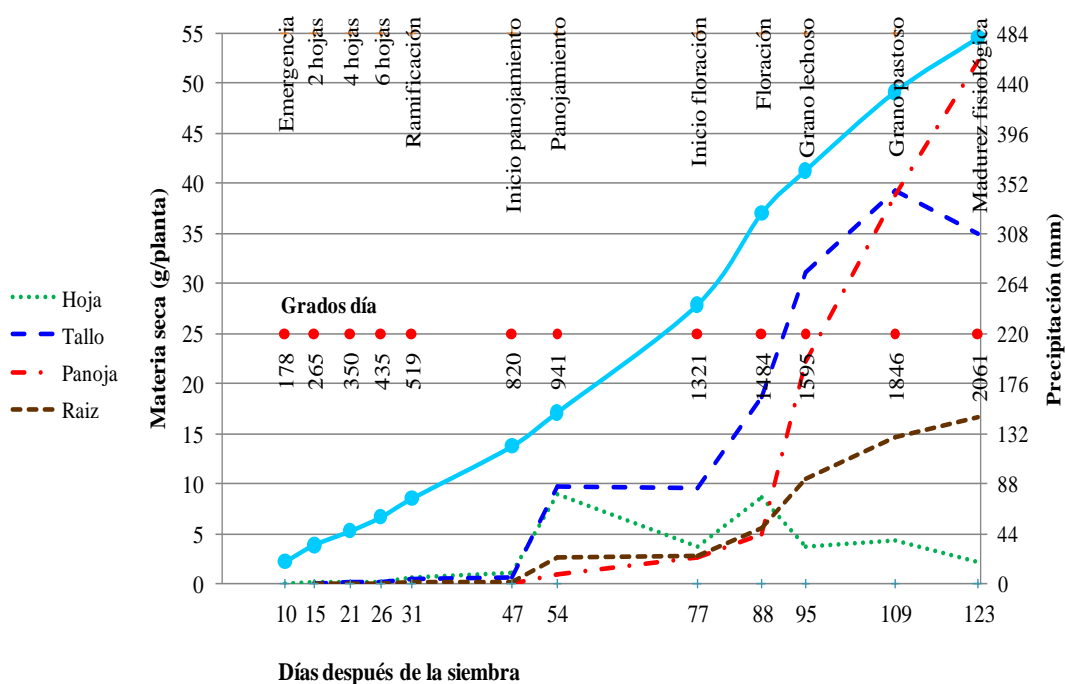


Figura 3.5. Grados día, precipitación y producción de materia seca por estado fenológico en la época 1 para la variedad Blanca de Junín

Tabla 3.4. Grados día, precipitación y caracteres de desarrollo y crecimiento por época de siembra en quinua (*Chenopodium quinoa* W.) variedad Blanca de Junín. Canaán 2735 msnm - Ayacucho

Epoca	Estado fenológico	Grados día acumulado °C	Precipitación acumulada mm	Precocidad Dds	Altura de planta Cm	Longitud de raíz cm	Peso seco hoja G	Peso seco tallo g	Peso seco panoja G	Peso seco raíz g	Área foliar cm ²	IAF
Siembra 25/11/2010	Emergencia	178	19.0	10	1.7	3.2	0.0014				0.8299	0.0021
	2 Hojas	265	33.2	15	3.6	2.9	0.0278	0.0026		0.0015	3.9203	0.0098
	4 Hojas	350	45.8	21	4.8	3.3	0.1102	0.0212		0.0056	13.2729	0.0332
	6 Hojas	435	58.4	26	7.6	3.6	0.1089	0.0442		0.0151	24.2103	0.0605
	Ramificación	519	74.8	31	20.3	6.3	0.5525	0.3568		0.0571	108.1349	0.2703
	Inicio de Panojamiento	820	120.6	47	19.5	7.4	1.0746	0.5439	0.0179	0.1350	158.2334	0.3956
	Panojamiento	941	150.0	54	71.1	14.6	8.9583	9.7388	0.8808	2.5808	1722.1305	4.3053
	Inicio de Floración	1321	244.8	77	146.0	16.3	3.6853	9.5526	2.5166	2.7496	1245.7065	3.1143
	Floración	1483	326.2	88	150.3	21.3	8.6190	18.5802	4.8639	5.4888	1251.5794	3.1289
	Grano Lechoso	1595	363.0	95	153.3	19.9	3.6667	31.1000	22.1417	10.3917	449.0724	1.1227
	Grano Pastoso	1846	432.4	109	163.8	22.6	4.2375	39.3792	38.8583	14.5500	167.6611	0.4192
	Madurez Fisiológica	2061	480.4	123	168.7	27.2	2.0917	34.9292	52.3417	16.6750	53.2558	0.1331
Siembra 25/12/2010	Emergencia	177	25.6	10	3.0	1.7	0.0020	0.0006			0.3607	0.0009
	2 Hojas	247	38.2	15	3.5	3.2	0.0213	0.0055		0.0008	4.6094	0.0115
	4 Hojas	369	64.8	21	5.6	5.5	0.1161	0.0212		0.0124	14.8125	0.0370
	6 Hojas	459	76.4	26	9.0	5.1	0.1388	0.0529		0.0160	32.1818	0.0805
	Ramificación	543	103.8	31	14.1	5.5	0.2426	0.1123		0.0226	53.9375	0.1348
	Inicio de Panojamiento	639	135.2	37	21.9	7.8	0.7417	0.3333	0.0126	0.0898	130.3781	0.3260
	Panojamiento	932	232.2	56	102.3	10.5	5.5917	9.2750	1.0250	2.4667	576.9811	1.4425
	Inicio de Floración	1027	279.2	61	107.2	15.5	4.6583	10.0250	1.4667	3.6167	680.3827	1.7010
	Floración	1143	308.0	68	121.5	17.3	6.0771	10.0354	1.8458	4.7563	348.5116	0.8713
	Grano Lechoso	1390	363.2	83	157.8	17.2	4.5000	19.6125	14.9500	7.8125	541.7840	1.3545
	Grano Pastoso	1679	427.4	100	169.1	19.4	2.9000	27.8000	33.9000	10.4250	257.0133	0.6425
	Madurez Fisiológica	1986	454.8	119	159.8	16.3	3.6875	28.9875	48.7250	9.5000	223.5540	0.5589

En la época 1, el crecimiento de hojas, tallo, panoja y raíz en la variedad Blanca de Junín es muy escaso entre los estados fenológicos de emergencia a inicio de panojamiento, transcurriendo 47 días, los 5 estados fenológicos que ocurren en este periodo deben considerarse importantes para el establecimiento de las plantas en el campo, tanto en número de plantas por unidad de superficie como en vigor, estado sanitario y genético. De inicio de panojamiento a panojamiento ocurre un crecimiento pronunciado de hojas y tallos, seguido de un crecimiento moderado de raíces y un crecimiento lento de panojas. De panojamiento a inicio de floración el peso de materia seca de hojas se incrementa muy ligeramente y el peso de tallo disminuye pronunciadamente, mientras que el peso de panoja continua incrementándose pero ligeramente y el peso de raíz se mantiene constante. De inicio de floración a floración el peso de materia seca de las hojas se incrementa moderadamente, luego disminuye pronunciadamente hasta grano lechoso, se incrementa muy ligeramente hasta grano pastoso y disminuye ligeramente hasta la madurez fisiológica. A partir de la floración el peso de materia seca del tallo se incrementa de manera pronunciada siguiendo este proceso hasta el estado de grano pastoso a partir del cual disminuye pronunciadamente hasta la madurez fisiológica. El peso de materia seca de la panoja se incrementa de manera muy pronunciada de floración hasta la madurez fisiológica, estado en el cual completa su desarrollo. El peso de materia seca de la raíz se incrementa de la floración a madurez fisiológica (Figura 3.1)

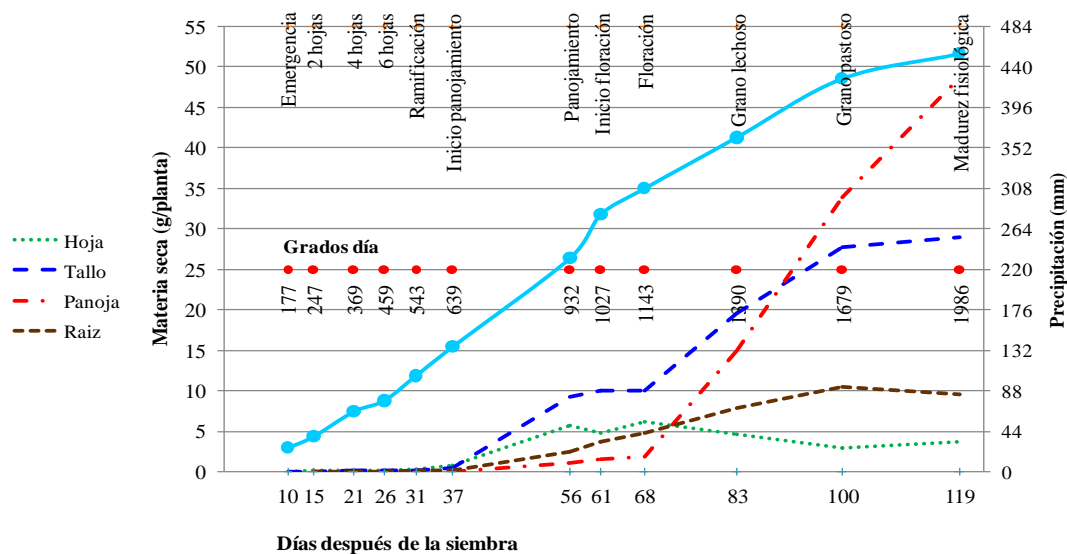


Figura 3.6. Grados día, precipitación y producción de materia seca por estado fenológico en la época 2 para la variedad Blanca de Junín.

En la época 2, el crecimiento de hojas, tallo, panoja y raíz en la variedad Blanca de Junín es muy escaso entre los estados fenológicos de emergencia a inicio de panojamiento, transcurriendo 37 días, los 5 estados fenológicos que ocurren en este periodo deben considerarse importantes para el establecimiento de las plantas en el campo, tanto en número de plantas por unidad de superficie como en vigor, estado sanitario y genético. De inicio de panojamiento a panojamiento ocurre un crecimiento pronunciado de hojas y tallos, seguido de un crecimiento moderado de raíces y un crecimiento lento de panojas. De panojamiento a floración el peso de materia seca de hojas y tallo se mantiene constante, mientras que panoja y raíz continúa incrementándose pero ligeramente. A partir de la floración el peso de materia seca de las hojas disminuye ligeramente, siguiendo este proceso lentamente hasta la madurez fisiológica. A partir de la floración el peso de materia seca del tallo se incrementa de manera pronunciada siguiendo este proceso hasta el estado de grano pastoso a partir del cual se mantiene constante hasta la madurez fisiológica. El peso de materia seca de la panoja se incrementa de manera muy pronunciada de floración a estado de grano lechoso, disminuye ligeramente pero de manera constante hasta la madurez fisiológica, estado en el cual completa su desarrollo. El peso de materia seca de la raíz se incrementa de la floración a grano lechoso y disminuye ligeramente de este estado a la madurez fisiológica (Figura 3.2)

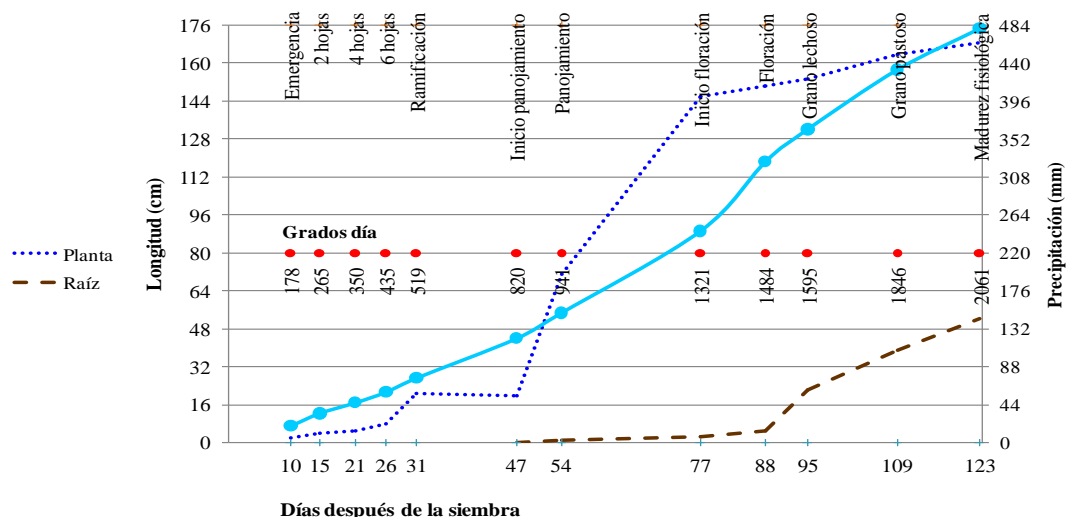


Figura 3.7. Grados día, precipitación y crecimiento (planta y raíz) por estado fenológico en la época 1 para la variedad de quinua Blanca de Junín.

En la época 1, el crecimiento longitudinal del tallo es escaso de emergencia a ramificación y de éste al inicio de panojamiento no hay crecimiento visible, a partir del cual la altura de planta se incrementa muy pronunciadamente hasta el inicio de floración, posteriormente hay un crecimiento constante pero menos pronunciado hasta la madurez fisiológica. El crecimiento de la raíz no es muy pronunciada de emergencia a floración, a partir del cual es pronunciado hasta la madurez fisiológica (Figura 3.3)

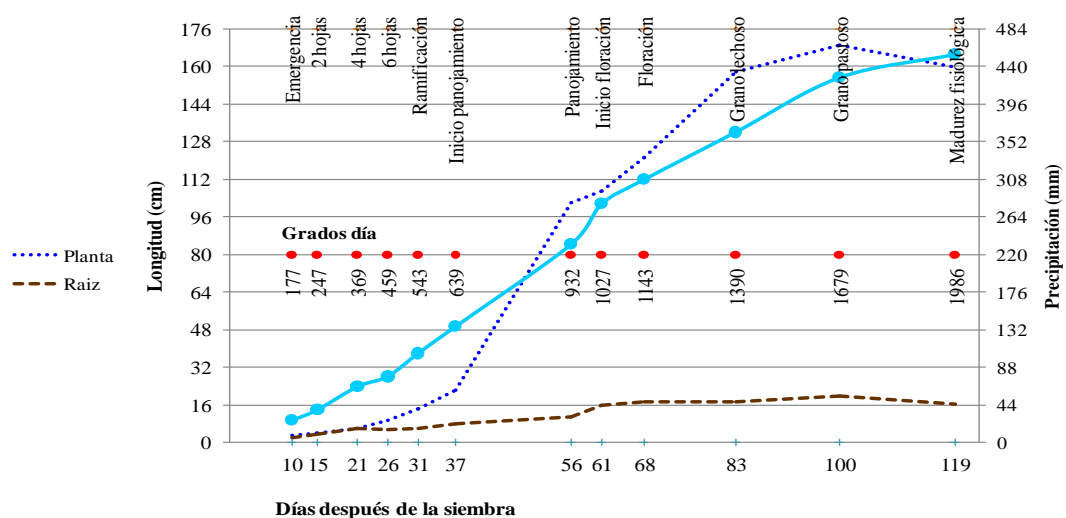


Figura 3.8. Grados día, precipitación y crecimiento (planta y raíz) por estado fenológico en la época 2 para la variedad de quinua Blanca de Junín.

En la época 2, el crecimiento longitudinal del tallo es escaso de emergencia a 4 hojas y de este al estado de grano lechoso el crecimiento es pronunciado, luego del cual disminuye ligeramente hasta la madurez fisiológica. El crecimiento de la raíz es ligero pero constante de emergencia a grano lechoso, del cual disminuye ligeramente hasta la madurez fisiológica (Figura 3.4)

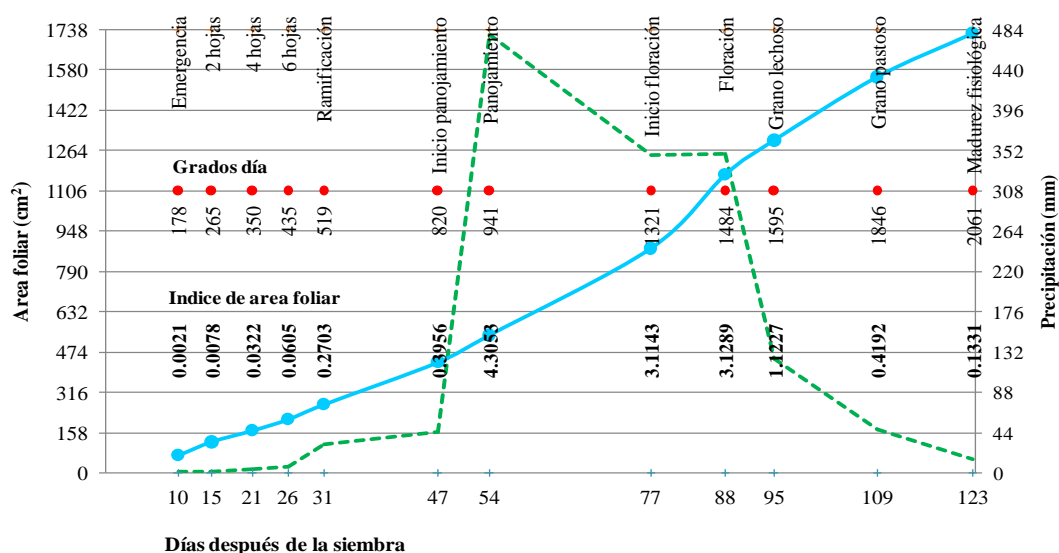


Figura 3.9. Grados día, precipitación, área foliar e índice de área foliar por estado fenológico en la época 1 para la variedad de quinoa Blanca de Junín.

En la época 1, el área foliar e índice de área foliar de la variedad Blanca de Junín tiene un incremento escaso entre la emergencia y el estado de 6 hojas, a partir del cual se incrementan ligeramente hasta la ramificación, luego disminuye su crecimiento pero sin detenerse hasta el inicio de panojamiento, a partir de este estado se observa un crecimiento muy pronunciado, pasando de 158 a 1738 cm² y de índice de área foliar de 0.3956 a 4.3053 que es el valor más alto de este indicador, luego del panojamiento el área foliar e índice de área foliar disminuyen pronunciadamente hasta la madurez fisiológica, con valores bajos de área foliar e índice de área foliar (Figura 3.5)

En la época 2, el área foliar e índice de área foliar de la variedad Blanca de Junín tiene un incremento escaso entre la emergencia y el estado de ramificación, a partir del cual se incrementan pronunciadamente hasta el inicio de floración, disminuyendo

su crecimiento hasta la floración, luego se incrementa hasta el estado de grano lechoso, posteriormente disminuir progresivamente hasta la madurez fisiológica, con valores bajos de área foliar e índice de área foliar (Figura 3.6)

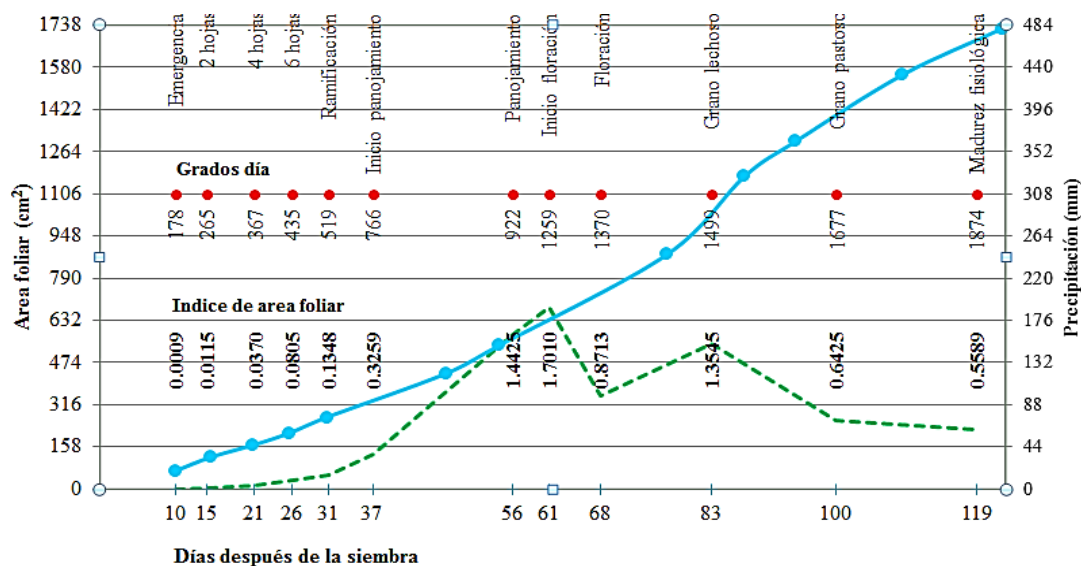


Figura 3.10. Grados día, precipitación, área foliar e índice de área foliar por estado fenológico en la época 2 para la variedad de quinua Blanca de Junín.

Los mayores valores de temperatura, precipitación y crecimiento se dan en la época 1 y los menores valores en la época 2, excepto para la altura de planta y la materia seca total que fue mayores en la época 2 y menores en la época 1, así los grados día acumulado fue de 2061 °C vs 1904 °C, la precipitación acumulada fue de 480.4 mm vs 454.8 mm, altura de planta fue de 165.6 cm vs 171.3 cm, longitud de raíz fue de 19.5 cm vs 15.8 cm, peso seco total (hoja, tallo, panoja y raíz) fue de 84.65 g vs 99.10 g y área foliar máxima fue de 2382.74 cm² vs 823.18 cm² (tabla 3.5)

Los mayores valores de temperatura, precipitación y crecimiento se dan en la época 1 y los menores valores en la época 2, excepto para la longitud de raíz que fue mayor en la época 2 y menor en la época 1, así los grados día acumulado fue de 1874 °C vs 1696 °C, la precipitación acumulada fue de 437.6 mm vs 428.0 mm, altura de planta fue de 143.8 cm vs 130.0 cm, longitud de raíz fue de 18.0 cm vs 19.9 cm, peso seco total (hoja, tallo, panoja y raíz) fue de 74.52 g vs 44.17 g y área foliar máxima fue de 719.74 cm² vs 469.37 cm² (tabla 3.6)

Tabla 3.5. Grados día, precipitación y caracteres de desarrollo y crecimiento por época de siembra en quinua (*Chenopodium quinoa* W.) variedad Killahuamán. Canaán 2735 msnm - Ayacucho

Época	Estado fenológico	Grados día acumulado °C	Precipitación acumulada mm	Precocidad Dds	Altura de planta cm	Longitud de raíz cm	Peso seco hoja g	Peso seco tallo g	Peso seco panoja G	Peso seco raíz g	Area foliar cm ²	IAF
Siembra 25/11/2010	Emergencia	178	19.0	10	1.9	2.7	0.0020				0.8665	0.0022
	2 Hojas	265	33.2	15	3.0	3.2	0.0337	0.0034		0.0019	4.5217	0.0113
	4 Hojas	350	45.8	21	4.8	3.5	0.0581	0.0220		0.0067	14.0251	0.0351
	6 Hojas	435	58.4	26	5.6	4.0	0.1125	0.0349		0.0080	27.0988	0.0677
	Ramificación	519	74.8	31	17.5	6.1	0.6745	0.3380		0.0746	110.6518	0.2766
	Inicio de Panojamiento	837	127.2	48	22.5	7.5	1.0173	0.6398	0.0149	0.1259	153.9842	0.3850
	Panojamiento	996	151.2	57	95.4	18.6	12.7333	19.2937	1.6209	7.5252	2382.7350	5.9568
	Inicio de Floración	1321	244.8	77	129.1	15.2	3.7739	9.7663	1.6868	2.7969	1365.1759	3.4129
	Floración	1483	326.2	88	129.8	19.6	7.3051	13.4396	3.1831	5.6419	1334.1019	3.3353
	Grano Lechoso	1595	363.0	95	162.0	19.4	5.5083	27.8417	25.4167	8.6375	496.0916	1.2402
	Grano Pastoso	1846	432.4	109	168.8	21.5	6.3075	43.4167	38.0750	17.2000	434.4184	1.0860
	Madurez Fisiológica	2061	480.4	123	165.6	19.5	1.4500	29.2271	40.3958	13.5750	4.1142	0.0103
Siembra 25/12/2010	Emergencia	177	25.6	10	3.0	2.0	0.0037	0.0008			0.4416	0.0011
	2 Hojas	247	38.2	15	3.5	2.7	0.0192	0.0056		0.0007	4.3115	0.0108
	4 Hojas	385	74.4	22	5.2	5.6	0.1376	0.0266		0.0094	16.8907	0.0422
	6 Hojas	476	76.4	27	7.9	5.7	0.1147	0.0423		0.0133	27.3479	0.0684
	Ramificación	543	103.8	31	13.9	6.0	0.2843	0.1099		0.0261	53.9088	0.1348
	Inicio de Panojamiento	654	138.8	38	22.8	8.1	0.9583	0.3333	0.0088	0.1032	128.3146	0.3208
	Panojamiento	897	215.0	54	101.5	10.4	6.7333	9.8917	0.7250	2.1750	823.1806	2.0580
	Inicio de Floración	979	255.6	59	116.2	13.0	7.4708	15.5802	2.1969	3.2167	644.0128	1.6100
	Floración	1109	308.0	66	132.4	15.7	8.1208	12.2458	2.4667	3.3688	568.6648	1.4217
	Grano Lechoso	1355	362.8	81	159.2	15.4	7.0750	22.7641	25.2023	7.5749	789.4966	1.9737
	Grano Pastoso	1645	420.6	98	161.3	22.2	5.1125	26.5875	39.7625	7.1125	230.0118	0.5750
	Madurez Fisiológica	1904	454.6	114	171.3	15.8	3.2125	32.4250	55.0500	8.4125	98.8685	0.2472

Tabla 3.6. Grados día, precipitación y caracteres de desarrollo y crecimiento por época de siembra en quinua (*Chenopodium quinoa* W.) variedad Pasankalla. Canaán 2735 msnm - Ayacucho

Época	Estado fenológico	Grados día acumulado °C	Precipitación acumulada mm	Precocidad Dds	Altura de planta cm	Longitud de raíz cm	Peso seco hoja g	Peso seco tallo g	Peso seco panoja G	Peso seco raíz g	Area foliar cm ²	IAF
Siembra 25/11/2010	Emergencia	178	19.0	10	1.6	2.6	0.0020				0.7621	0.0019
	2 Hojas	265	33.2	15	3.0	2.1	0.0461	0.0030		0.0013	6.0228	0.0151
	4 Hojas	367	45.8	21	5.1	3.3	0.0496	0.0214		0.0065	12.9618	0.0324
	6 Hojas	435	58.4	26	7.5	4.0	0.1286	0.0453		0.0090	29.8283	0.0746
	Ramificación	519	74.8	31	22.1	7.3	0.6083	0.4029		0.1143	118.7823	0.2970
	Inicio de Panojamiento	766	113.0	44	24.2	8.7	0.9430	0.5747	0.0131	0.1141	153.6957	0.3842
	Panojamiento	922	149.6	53	63.9	10.4	5.2833	6.2649	0.5343	1.3850	719.7422	1.7994
	Inicio de Floración	1259	240.6	73	119.4	15.1	0.6289	2.5496	1.0830	0.6852	263.9988	0.6600
	Floración	1370	276.8	80	133.1	17.8	2.2125	5.7125	3.4634	2.6480	536.5942	1.3415
	Grano Lechoso	1499	330.4	88	138.8	20.8	3.7833	25.6667	27.5000	7.1833	265.1532	0.6629
	Grano Pastoso	1677	385.6	99	132.8	17.6	1.4317	22.1292	30.9792	5.0833	231.5783	0.5789
	Madurez Fisiológica	1874	437.6	111	143.8	18.0	0.8483	23.8042	43.4167	6.4542	30.3428	0.0759
Siembra 25/12/2010	Emergencia	177	25.6	11	3.0	2.0	0.0024	0.0007			0.4302	0.0011
	2 Hojas	263	43.8	16	3.6	3.0	0.0210	0.0061		0.0008	4.6920	0.0117
	4 Hojas	369	64.8	21	5.2	5.6	0.1289	0.0232		0.0107	17.1438	0.0429
	6 Hojas	440	75.8	25	7.9	5.6	0.1558	0.0451		0.0158	35.1419	0.0879
	Ramificación	526	98.2	30	14.0	5.6	0.2506	0.1045		0.0240	51.9053	0.1298
	Inicio de Panojamiento	623	129.4	36	22.5	8.5	0.9333	0.3917	0.0068	0.0879	150.9957	0.3775
	Panojamiento	850	202.0	50	68.1	9.9	4.2500	6.7833	0.6667	0.9917	469.3694	1.1734
	Inicio de Floración	932	215.0	55	94.3	14.0	3.2208	7.0042	0.9125	1.8250	339.8550	0.8496
	Floración	1059	287.8	63	101.3	15.8	3.9646	8.7000	1.5250	2.2146	521.4090	1.3035
	Grano Lechoso	1311	339.8	78	129.8	16.7	3.2625	12.1982	7.1861	3.1995	222.7363	0.5568
	Grano Pastoso	1472	382.6	88	126.3	15.7	2.2125	8.9625	14.5250	2.1000	265.6606	0.6642
	Madurez Fisiológica	1696	428.0	101	130.0	19.9	1.3238	14.7125	25.1125	3.0250	154.9951	0.3875

En la época 1, el crecimiento de hojas, tallo, panoja y raíz en la variedad Pasankalla es muy escaso entre los estados fenológicos de emergencia a inicio de panojamiento, transcurriendo 44 días, los 5 estados fenológicos que ocurren en este periodo deben considerarse importantes para el establecimiento de las plantas en el campo, tanto en número de plantas por unidad de superficie como en vigor, estado sanitario y genético. De inicio de panojamiento a panojamiento ocurre un crecimiento moderado de hojas y tallos, seguido de un crecimiento escaso de raíces y panojas. De panojamiento a inicio de floración el peso de materia seca de hojas y tallos disminuye pronunciadamente, mientras que el peso de panoja y raíces se mantiene constante. De inicio de floración a grano lechoso el peso de materia seca de las hojas se incrementa moderadamente, luego disminuye pronunciadamente hasta la madurez fisiológica. A partir de inicio de floración el peso de materia seca del tallo se incrementa de manera pronunciada siguiendo este proceso hasta el estado de grano lechoso a partir del cual disminuye pronunciadamente hasta la madurez fisiológica. El peso de materia seca de la panoja se incrementa de manera muy pronunciada de floración hasta la madurez fisiológica, estado en el cual completa su desarrollo. El peso de materia seca de la raíz se incrementa de la floración a grano lechoso, luego disminuye ligeramente hasta grano pastoso y finalmente se observa un ligero incremento hasta la madurez fisiológica (Figura 3.7)

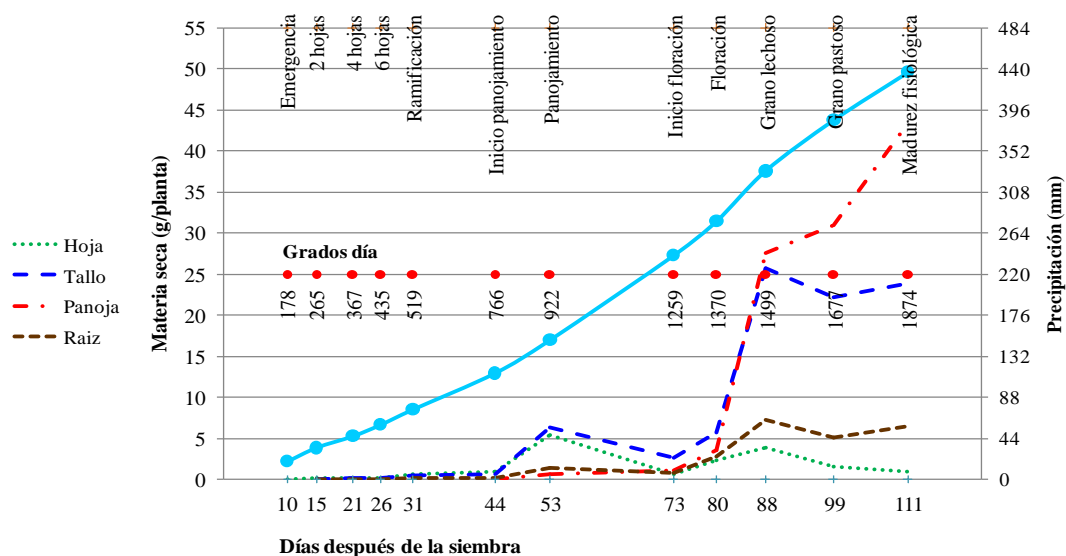


Figura 3.11. Grados día, precipitación y producción de materia seca por estado fenológico en la época 1 para la variedad de quinua Pasankalla.

En la época 2, el crecimiento de hoja tallo, panoja y raíz es escaso entre los estados de emergencia a inicio de panojamiento, transcurriendo entre estos estados 36 días. El crecimiento de hojas y tallo se incrementa considerablemente de inicio de panojamiento a panojamiento, mientras que el crecimiento de panoja y raíz es muy ligero. El crecimiento de hojas de panojamiento a inicio de floración disminuye considerablemente, luego se incrementa hasta grano lechoso, finalmente disminuye hasta la madurez fisiológica. El crecimiento de tallo de panojamiento a grano lechoso se incrementa considerablemente, luego disminuye hasta grano pastoso para luego incrementarse ligeramente hasta la madurez fisiológica. El crecimiento de la panoja es muy pronunciado a partir de inicio de floración hasta grano lechoso, continúa su crecimiento hasta grano pastoso pero con menor tasa y sigue su crecimiento hasta la madurez fisiológica. La raíz crece de inicio de floración a grano lechosos, luego disminuye ligeramente hasta grano pastoso y finalmente se incrementa hasta la madurez fisiológica (Figura 3.8)

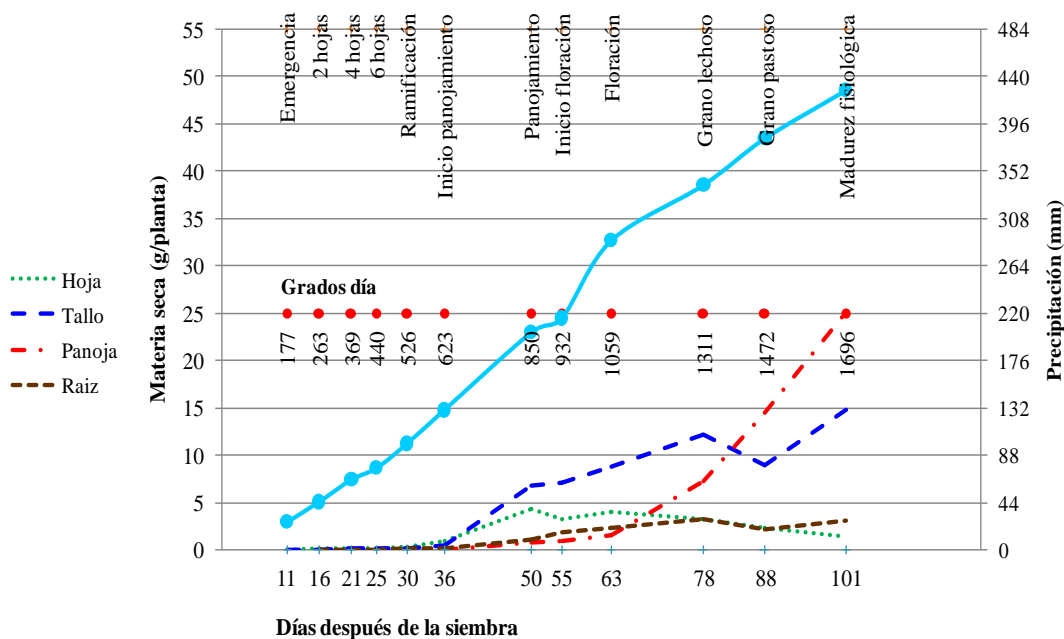


Figura 3.12. Grados día, precipitación y producción de materia seca por estado fenológico en la época 2 para la variedad de quinua Pasankalla.

En la época 1 el crecimiento longitudinal de la planta es más pronunciada entre inicio de panojamiento y grano lechoso, luego ocurre una ligera disminución hasta grano pastoso y se incrementa ligeramente hasta la madurez fisiológica. El crecimiento longitudinal de la raíz es continua pero ligera entre la emergencia y grano lechoso, para luego disminuir ligeramente hasta grano pastoso y finalmente se da un ligero incremento hasta la madurez fisiológica (Figura 3.9)

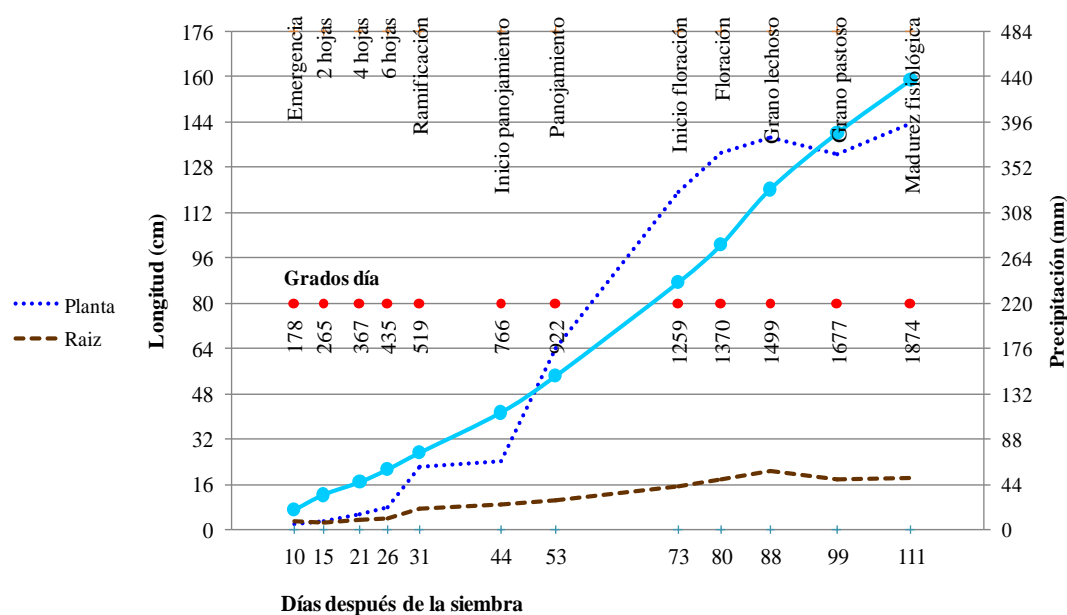


Figura 3.13. Grados día, precipitación y crecimiento (planta y raíz) por estado fenológico en la época 1 para la variedad de quinua Pasankalla.

En la época 2 el crecimiento longitudinal más pronunciado de la variedad Pasankalla se da entre el estado de 6 hojas a grano lechoso, luego ocurre una ligera disminución y finalmente se incrementa ligeramente hasta la madurez fisiológica. El crecimiento longitudinal de la raíz es continuado pero ligero en todos los estados fenológicos (Figura 3.10)

En la época 1 de la variedad Pasankalla, se tiene dos picos de incremento del área foliar e índice de área foliar, el más alto se da en el panojamiento con valores de 719.74 cm^2 y 1.799 de cada indicador respectivamente y el segundo pico en floración con valores de 536.59 cm^2 y 1.342 de cada indicador respectivamente. El incremento de área foliar e índice de área foliar se da en los primeros estados de emergencia a

panojamiento, se observa disminución en el inicio de floración y en los estados de grano lechoso, grano pastoso y madurez fisiológica (Figura 3.11)

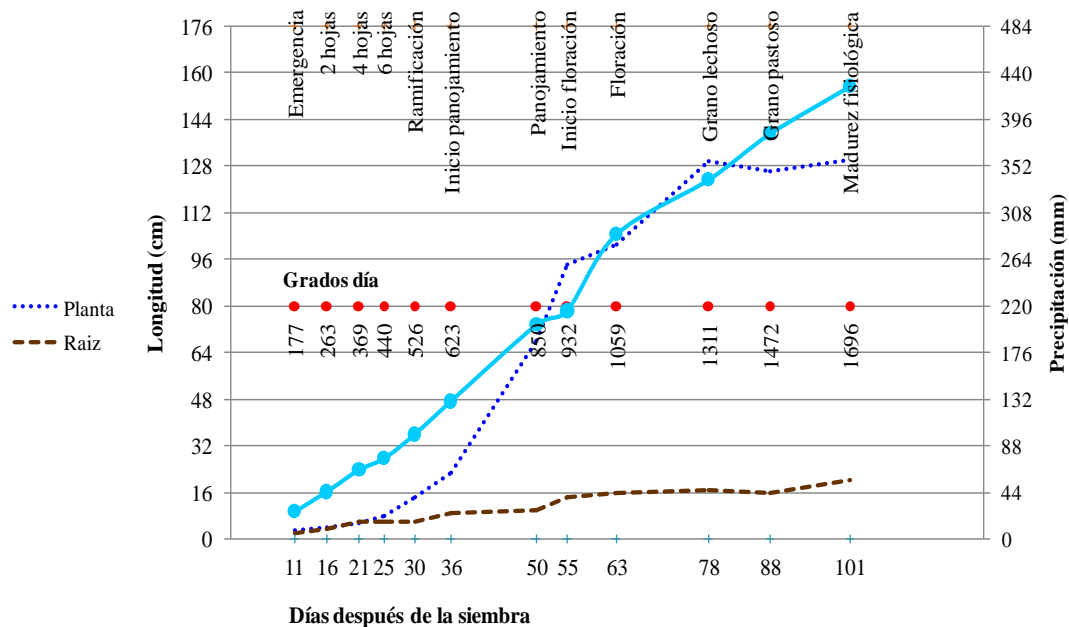


Figura 3.14. Grados día, precipitación y crecimiento (planta y raíz) por estado fenológico en la época 2 para la variedad de quinua Pasankalla.

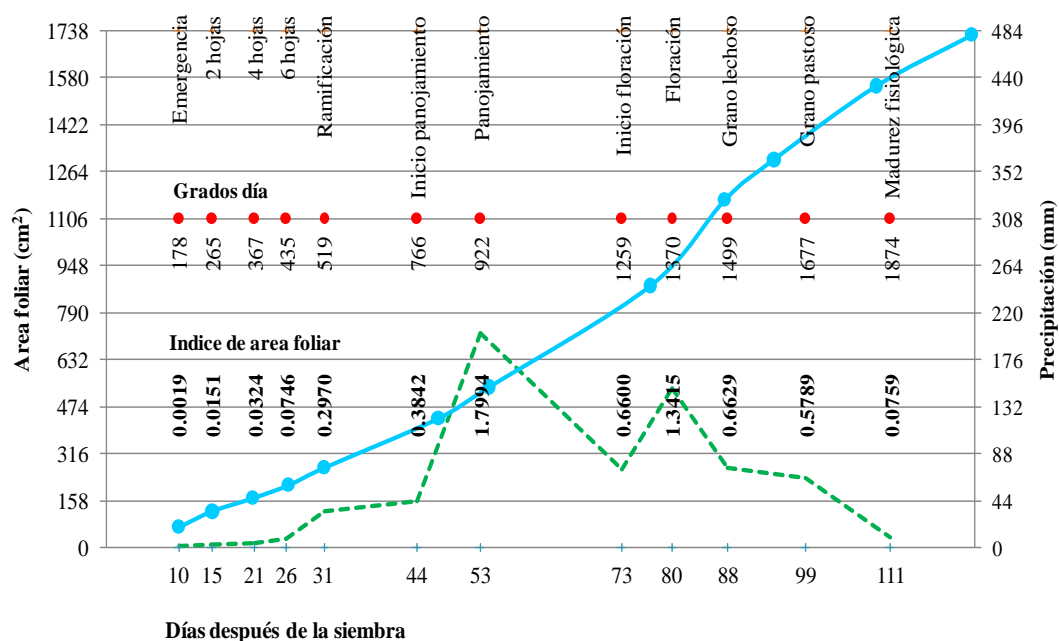


Figura 3.15. Grados día, precipitación, área foliar e índice de área foliar por estado fenológico en la siembra 1 para la variedad de quinua Pasankalla.

En la época 2 de la variedad Pasankalla, se tiene dos picos altos de incremento del área foliar e índice de área foliar, el más alto se da en el panojamiento con valores de 469.37 cm^2 y 11.734 de cada indicador respectivamente y el segundo pico en floración con valores de 523.41 cm^2 y 13.035 de cada indicador respectivamente. El incremento de área foliar e índice de área foliar se da en los primeros estados de emergencia a panojamiento, la disminución se observa en el inicio de floración y en los estados de grano lechoso y madurez fisiológica (Figura 3.12)

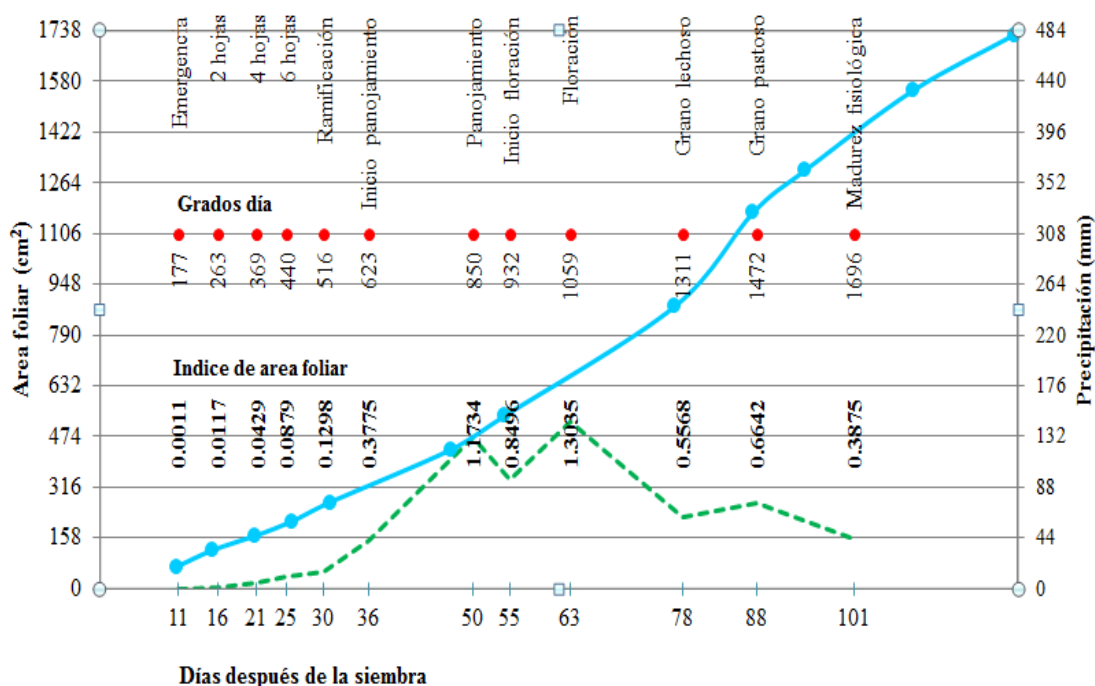


Figura 3.16. Grados día, precipitación, área foliar e índice de área foliar por estado fenológico en la siembra 2 para la variedad de quinua Pasankalla.

Los mayores valores de temperatura, precipitación y crecimiento se dan en la época 1 y los menores valores en la época 2, excepto para la longitud de raíz que fue mayor en la época 2 y menor en la época 1, así los grados día acumulado fue de $1830 \text{ }^{\circ}\text{C}$ vs $1575 \text{ }^{\circ}\text{C}$, la precipitación acumulada fue de 414.6 mm vs 411.0 mm , altura de planta fue de 147.3 cm vs 131.6 cm , longitud de raíz fue de 15.9 cm vs 16.7 cm , peso seco total (hoja, tallo, panoja y raíz) fue de 106.86 g vs 49.50 g y área foliar máxima fue de 1169.18 cm^2 vs 681.62 cm^2 (tabla 3.7).

Tabla 3.7. Grados día, precipitación y caracteres de desarrollo y crecimiento por época de siembra en quinua (*Chenopodium quinoa* W.) variedad Salcedo INIA. Canaán 2735 msnm - Ayacucho

Época	Estado fenológico	Grados día acumulado °C	Precipitación acumulada mm	Precocidad Dds	Altura de planta cm	Longitud de raíz Cm	Peso seco hoja g	Peso seco tallo g	Peso seco panoja G	Peso seco raíz g	Área foliar cm ²	IAF
Siembra 25/11/2010	Emergencia	194	21.6	12	1.6	2.7	0.0016				0.7568	0.0019
	2 Hojas	301	42.0	17	2.6	2.7	0.0297	0.0045		0.0009	3.0297	0.0076
	4 Hojas	367	45.8	22	4.5	3.7	0.0748	0.0242		0.0054	14.8271	0.0371
	6 Hojas	454	58.6	26	5.3	5.7	0.1335	0.0906		0.0054	28.9782	0.0724
	Ramificación	537	75.2	31	16.3	6.4	0.7305	0.3487		0.0765	130.7360	0.3268
	Inicio de Panojamiento	750	106.6	43	17.9	8.1	1.1096	0.5177	0.0306	0.1094	191.7845	0.4795
	Panojamiento	905	149.2	52	59.8	10.4	6.6667	5.4294	0.8074	1.3915	1169.1763	2.9229
	Inicio de Floración	1208	218.6	70	119.1	15.1	1.5459	3.7405	1.5244	1.0231	405.6912	1.0142
	Floración	1321	244.8	77	133.8	19.6	3.8239	6.8889	3.8147	3.6011	1047.8956	2.6197
	Grano Lechoso	1452	307.0	85	133.8	16.9	7.5583	34.6500	23.8583	8.3333	621.7304	1.5543
	Grano Pastoso	1628	382.8	96	136.0	15.3	4.4917	27.1083	41.7625	7.0458	244.0651	0.6102
	Madurez Fisiológica	1830	414.6	108	147.3	15.9	2.8681	36.9000	53.5833	13.5125	202.9874	0.5075
Siembra 25/12/2010	Emergencia	177	25.6	11	2.4	2.3	0.0029	0.0004			0.3518	0.0009
	2 Hojas	263	43.8	15	3.5	3.2	0.0175	0.0055		0.0006	4.0323	0.0101
	4 Hojas	351	58.6	20	5.2	4.4	0.0994	0.0161		0.0057	13.8878	0.0347
	6 Hojas	440	75.8	25	6.9	5.3	0.1098	0.0337		0.0117	26.0623	0.0652
	Ramificación	526	98.2	30	12.5	5.1	0.2372	0.0906		0.0201	53.3458	0.1334
	Inicio de Panojamiento	607	119.8	35	21.3	7.7	0.8250	0.2667	0.0091	0.0600	118.2412	0.2956
	Panojamiento	817	184.0	48	77.7	9.5	5.1833	8.6167	1.0833	1.8917	681.6169	1.7040
	Inicio de Floración	880	214.8	53	98.9	13.7	4.6958	7.6042	1.2625	2.9917	519.1603	1.2979
	Floración	1011	270.4	60	109.9	15.7	3.7042	8.2542	2.9458	2.4542	578.0487	1.4451
	Grano Lechoso	1243	331.6	74	122.1	16.4	3.7125	10.6875	7.5625	2.7125	366.5241	0.9163
	Grano Pastoso	1407	367.8	84	127.7	15.1	3.9250	17.8000	23.2875	4.6125	345.6254	0.8641
	Madurez Fisiológica	1575	411.0	94	131.6	16.7	1.9625	14.4375	29.5625	3.5375	111.9780	0.2799

3.3. RADIACION FOTOSINTETICAMENTE ACTIVA – BIOMASA E INDICE DE AREA FOLIAR

Tabla 3.8. Radiación fotosintéticamente activa, precocidad, biomasa e índice de área foliar por época de siembra y estado fenológico en quinua (*Chenopodium quinoa* W.) variedad Blanca de Junín. Canaán 2735 msnm – Ayacucho

Época	Estado fenológico	Radiación fotosintéticamente activa MJ m ⁻²	Precocidad Dds	Biomasa MS g m ⁻²	Índice de área foliar
Siembra 25/11/10	Emergencia	99	10	0.03	0.0021
	2 Hojas	153	15	0.60	0.0098
	4 Hojas	195	21	2.57	0.0332
	6 Hojas	253	26	3.15	0.0605
	Ramificación	301	31	18.12	0.2703
	Inicio de Panojamiento	480	47	33.22	0.3956
	Panojamiento	555	54	415.48	4.3053
	Inicio de Floración	781	77	346.95	3.1143
	Floración	880	88	704.10	3.1289
	Grano Lechoso	945	95	1261.87	1.1227
	Grano Pastoso	1093	109	1819.22	0.4192
	Madurez Fisiológica	1199	123	1988.20	0.1331
Siembra 25/12/10	Emergencia	106	10	0.05	0.0009
	2 Hojas	146	15	0.52	0.0115
	4 Hojas	218	21	2.81	0.0370
	6 Hojas	279	26	3.90	0.0805
	Ramificación	333	31	7.08	0.1348
	Inicio de Panojamiento	387	37	22.08	0.3259
	Panojamiento	571	56	344.22	1.4425
	Inicio de Floración	616	61	370.63	1.7010
	Floración	690	68	425.90	0.8713
	Grano Lechoso	827	83	878.91	1.3545
	Grano Pastoso	965	100	1406.72	0.6425
	Madurez Fisiológica	1108	119	1704.38	0.5589

La radiación fotosintéticamente activa y la biomasa en la variedad Blanca de Junín fueron mayores en la época 1, acumulando 1199 MJ m⁻² y 1988.2 g m⁻², y menor en la época 2, acumulando 1108 MJ m⁻² y 1704.38 g m⁻² respectivamente. El índice de

área foliar se incrementa en la primera época hasta alcanzar 4.3053 en panojamiento y luego del cual desciende paulatinamente, en caso de la segunda época el incremento máximo es de 1.7010 en inicio de floración, luego disminuye paulatinamente (tabla 3.8).

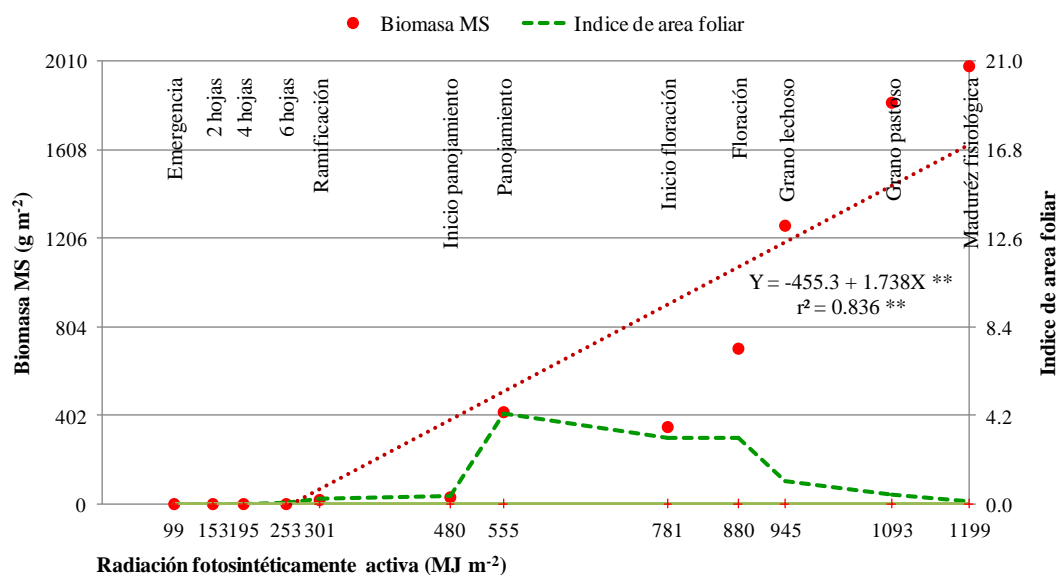


Figura 3.17. Radiación fotosintéticamente activa, biomasa e índice de área foliar por estado fenológico en la época 1, variedad de quinua Blanca de Junín.

La variedad Blanca de Junín en la primera época de siembra, por cada unidad de radiación fotosintéticamente activa (MJ m⁻²) la biomasa en materia seca se incrementa en 1.738 g m⁻², esta relación es altamente significativa con un coeficiente de determinación $r^2 = 0.836$ también altamente significativo (Figura 3.13)

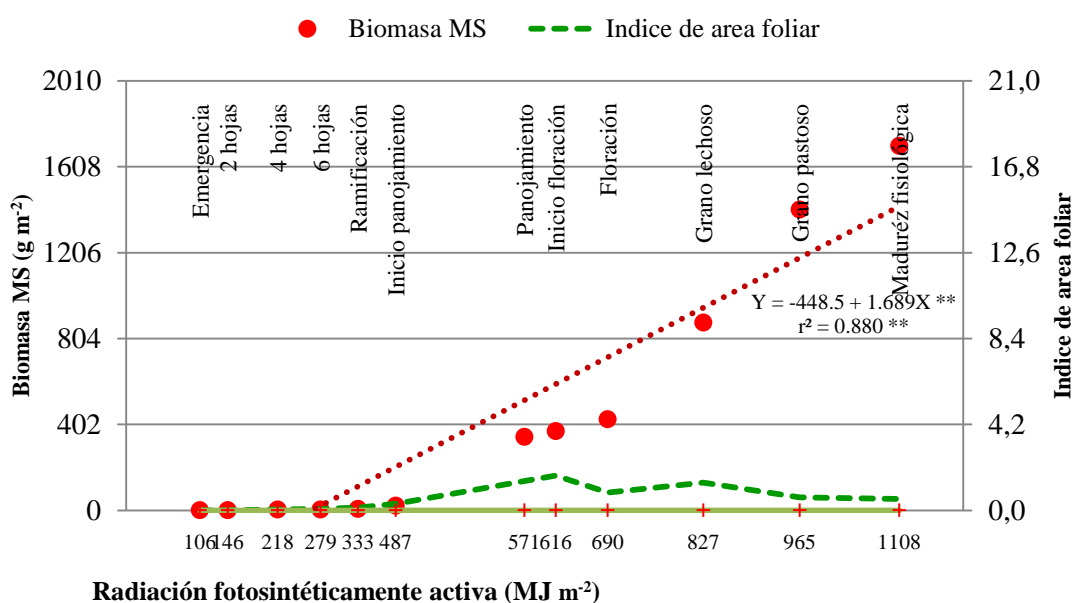


Figura 3.18. Radiación fotosintéticamente activa, biomasa e índice de área foliar por estado fenológico en la época 2, variedad de quinua Blanca de Junín.

La variedad Blanca de Junín en la segunda época de siembra, por cada unidad de radiación fotosintéticamente activa (MJ m⁻²) la biomasa en materia seca se incrementa en 1.689 g m⁻², esta relación es altamente significativa con un coeficiente de determinación $r^2 = 0.880$ también altamente significativo (Figura 3.14)

Tabla 3.9. Radiación fotosintéticamente activa, precocidad, biomasa e índice de área foliar por época de siembra y estado fenológico en quinua (*Chenopodium quinoa* W.) variedad Killahuamán. Canaán 2735 msnm - Ayacucho

Época	Estado fenológico	Radiación fotosintéticamente activa MJ m ⁻²	Precocidad dds	Biomasa MS g m ⁻²	Índice de área foliar
Siembra 25/11/10	Emergencia	99	10	0.04	0.0022
	2 Hojas	153	15	0.73	0.0113
	4 Hojas	195	21	1.63	0.0351
	6 Hojas	253	26	2.91	0.0677
	Ramificación	301	31	20.38	0.2766
	Inicio de Panojamiento	490	48	33.71	0.3850
	Panojamiento	592	57	771.99	5.9568
	Inicio de Floración	781	77	337.95	3.4129
	Floración	880	88	554.43	3.3353
	Grano Lechoso	945	95	1263.83	1.2402
	Grano Pastoso	1093	109	1968.73	1.0860
	Madurez Fisiológica	1199	123	1587.15	0.0103
Siembra 25/12/10	Emergencia	106	10	0.08	0.0011
	2 Hojas	146	15	0.48	0.0108
	4 Hojas	230	22	3.25	0.0422
	6 Hojas	291	27	3.19	0.0684
	Ramificación	333	31	7.88	0.1348
	Inicio de Panojamiento	393	38	26.32	0.3208
	Panojamiento	552	54	366.09	2.0580
	Inicio de Floración	600	59	533.71	1.6100
	Floración	664	66	491.29	1.4217
	Grano Lechoso	806	81	1174.06	1.9737
	Grano Pastoso	948	98	1473.28	0.5750
	Madurez Fisiológica	1065	114	1858.13	0.2472

La radiación fotosintéticamente activa en la variedad Killahuamán es mayor en la época 1, acumulando 1199 MJ m⁻² y menor en la época 2, acumulando 1065 MJ m⁻²; la biomasa en la segunda época es superior a la primera época, acumulando 1858.13 y 1587.15 g m⁻² respectivamente. El índice de área foliar se incrementa en la primera época hasta alcanzar 5.9568 en el estado de panojamiento y luego del cual desciende

paulatinamente, en el caso de la segunda época el incremento máximo es de 20.5795 en el estado de panojamiento, luego disminuye paulatinamente (tabla 3.9)

Tabla 3.10. Radiación fotosintéticamente activa, precocidad, biomasa e índice de área foliar por época de siembra y estado fenológico en quinua (*Chenopodium quinoa* W.) variedad Pasankalla. Canaán 2735 msnm - Ayacucho

Época	Estado fenológico	Radiación fotosintéticamente activa MJ m ⁻²	Precocidad dds	Biomasa MS g m ⁻²	Índice de área foliar
Siembra 25/11/10	Emergencia	99	10	0.04	0.0019
	2 Hojas	153	15	0.95	0.0151
	4 Hojas	210	21	1.45	0.0324
	6 Hojas	253	26	3.43	0.0746
	Ramificación	301	31	21.10	0.2970
	Inicio de Panojamiento	447	44	30.84	0.3842
	Panojamiento	541	53	252.51	1.7994
	Inicio de Floración	750	73	92.75	0.6600
	Floración	811	80	263.18	1.3415
	Grano Lechoso	890	88	1202.50	0.6629
	Grano Pastoso	997	99	1117.94	0.5789
	Maduréz Fisiológica	1107	111	1397.31	0.0759
Siembra 25/12/10	Emergencia	106	11	0.06	0.0011
	2 Hojas	157	16	0.52	0.0117
	4 Hojas	218	21	3.05	0.0429
	6 Hojas	267	25	4.06	0.0879
	Ramificación	322	30	7.11	0.1298
	Inicio de Panojamiento	378	36	26.62	0.3775
	Panojamiento	510	50	237.97	1.1734
	Inicio de Floración	563	55	243.05	0.8496
	Floración	632	63	307.58	1.3035
	Grano Lechoso	783	78	484.62	0.5568
	Grano Pastoso	865	88	521.25	0.6642
	Maduréz Fisiológica	973	101	828.26	0.3875

La radiación fotosintéticamente activa en la variedad Pasankalla es mayor en la época 1, acumulando 1107 MJ m⁻² y menor en la época 2, acumulando 973 MJ m⁻²;

la biomasa en la primera época es superior a la segunda época, acumulando 1397.31 y 828.26 g m⁻² respectivamente. El índice de área foliar se incrementa en la primera época hasta alcanzar 1.7994 en el estado de panojamiento y luego del cual desciende paulatinamente, en el caso de la segunda época el incremento máximo es de 1.3025 en el estado de floración, luego disminuye paulatinamente (tabla 3.10)

En la primera época de siembra de la variedad Pasankalla, por cada unidad de radiación fotosintéticamente activa (MJ m⁻²) la biomasa en materia seca se incrementa en 1.295 g m⁻², esta relación es altamente significativa con un coeficiente de determinación $r^2 = 0.721$ también altamente significativo (Figura 3.15)

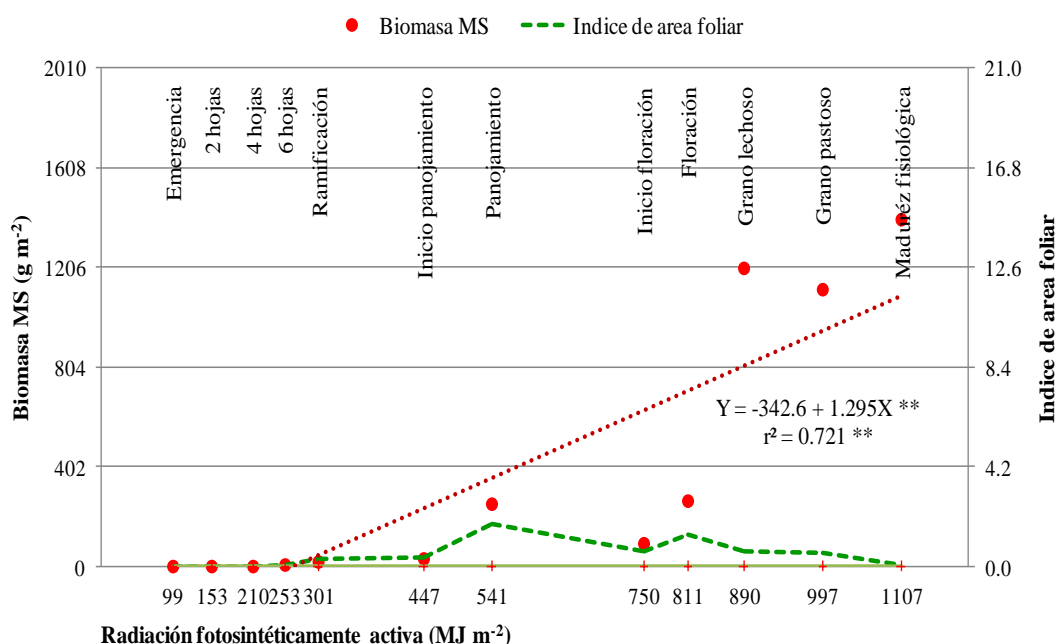


Figura 3.19. Radiación fotosintéticamente activa, biomasa e índice de área foliar por estado fenológico en la época 1 para la variedad de quinua Pasankalla.

En la segunda época de siembra de la variedad Pasankalla, por cada unidad de radiación fotosintéticamente activa (MJ m⁻²) la biomasa en materia seca se incrementa en 0.904 g m⁻², esta relación es altamente significativa con un coeficiente de determinación $r^2 = 0.914$ también altamente significativo (Figura 3.16)

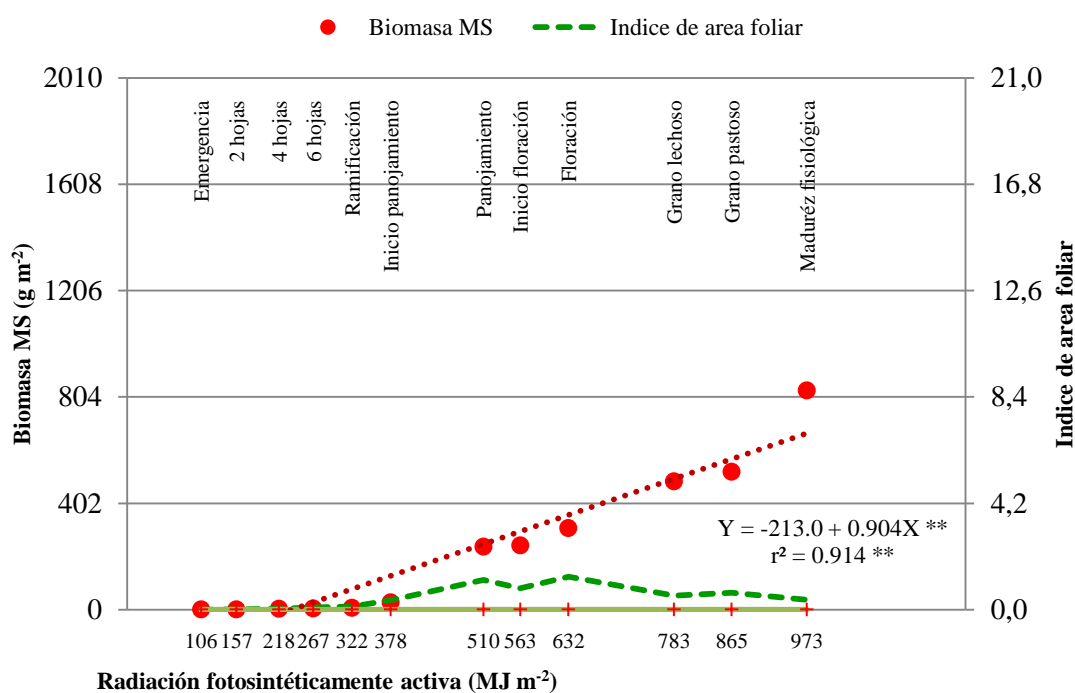


Figura 3.20. Radiación fotosintéticamente activa, biomasa e índice de área foliar por estado fenológico en la época 2 para la variedad de quinua Pasankalla.

Tabla 3.11. Radiación fotosintéticamente activa, precocidad, biomasa e índice de área foliar por época de siembra y estado fenológico en quinua (*Chenopodium quinoa* W.) variedad Salcedo INIA. Canaán 2735 msnm - Ayacucho

Época	Estado fenológico	Radiación fotosintéticamente activa MJ m ⁻²	Precocidad dds	Biomasa MS g m ⁻²	Índice de área foliar
Siembra 25/11/10	Emergencia	109	12	0.03	0.0019
	2 Hojas	172	17	0.66	0.0076
	4 Hojas	210	22	1.96	0.0371
	6 Hojas	265	26	4.30	0.0724
	Ramificación	309	31	21.67	0.3268
	Inicio de Panojamiento	439	43	33.14	0.4795
	Panojamiento	531	52	268.03	2.9229
	Inicio de Floración	719	70	146.89	1.0142
	Floración	781	77	339.91	2.6197
	Grano Lechoso	864	85	1395.00	1.5543
	Grano Pastoso	965	96	1507.66	0.6102
	Maduréz Fisiológica	1084	108	2003.70	0.5075
Siembra 25/12/10	Emergencia	106	11	0.06	0.0009
	2 Hojas	157	15	0.44	0.0101
	4 Hojas	206	20	2.27	0.0347
	6 Hojas	267	25	2.91	0.0652
	Ramificación	322	30	6.52	0.1334
	Inicio de Panojamiento	368	35	21.76	0.2956
	Panojamiento	488	48	314.53	1.7040
	Inicio de Floración	537	53	310.39	1.2979
	Floración	609	60	325.47	1.4451
	Grano Lechoso	745	74	462.66	0.9163
	Grano Pastoso	834	84	930.47	0.8641
	Maduréz Fisiológica	915	94	928.13	0.2799

La radiación fotosintéticamente activa y la biomasa en la variedad Salcedo Inia fueron mayores en la época 1, acumulando 1084 MJ m⁻² y 2003.7 g m⁻², y menor en la época 2, acumulando 915 MJ m⁻² y 928.13 g m⁻² respectivamente. El índice de área foliar se incrementa en la primera época hasta alcanzar 2.9229 en panojamiento y luego del cual desciende paulatinamente, en caso de la segunda época el incremento máximo es de 1.7040 en panojamiento, luego disminuye paulatinamente (tabla 3.8)

3.4. EVAPOTRANSPIRACION, BIOMASA Y EFICIENCIA DE USO DE AGUA

En la primera época la evapotranspiración del cultivo acumulado (ETc acumulado) fue de 209.622 mm con un coeficiente único del cultivo (Kc) de 0.761 a la madurez fisiológica y una eficiencia de uso de agua máximo de 10.135 g l^{-1} , frente a los mismos indicadores en la segunda época, con valores de 228.564 mm de ETc acumulado, 0.778 de Kc al estado de grano lechosos y 7.457 g l^{-1} , de eficiencia de uso de agua máximo. Se evidencia mayor eficiencia de uso de agua en la primera época, produciendo también mayor biomasa (tabla 3.12)

En la primera época de siembra del 25/11/10 se observan dos picos de evapotranspiración del cultivo, una en inicio de floración de 59.720 mm y otra en grano pastoso de 36.921 mm, con una eficiencia de uso de agua de 2.982 y 10.135 g l^{-1} respectivamente (Figura 3.17)

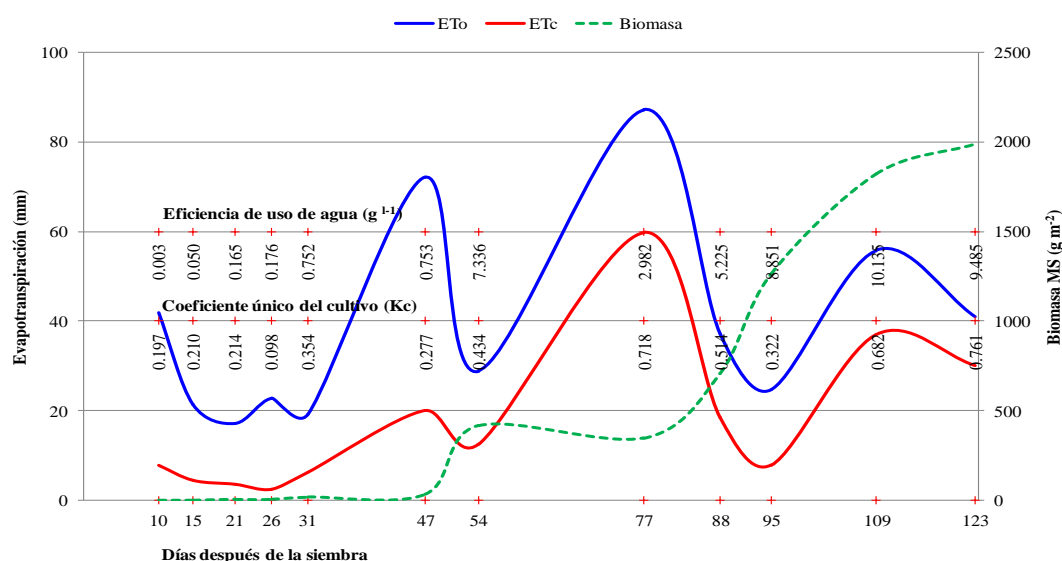


Figura 3.21. Evapotranspiración de referencia, evapotranspiración del cultivo, coeficiente único del cultivo, biomasa y eficiencia de uso de agua por estado fenológico para la variedad Blanca de Junín en época 1

En la segunda época de siembra del 25/12/10 se observan dos picos de evapotranspiración del cultivo, una en panojamiento de 31.234 mm y otra en grano lechoso de 39.235 mm, con una eficiencia de uso de agua de 3.160 y 5.287 g l^{-1} respectivamente (Figura 3.18)

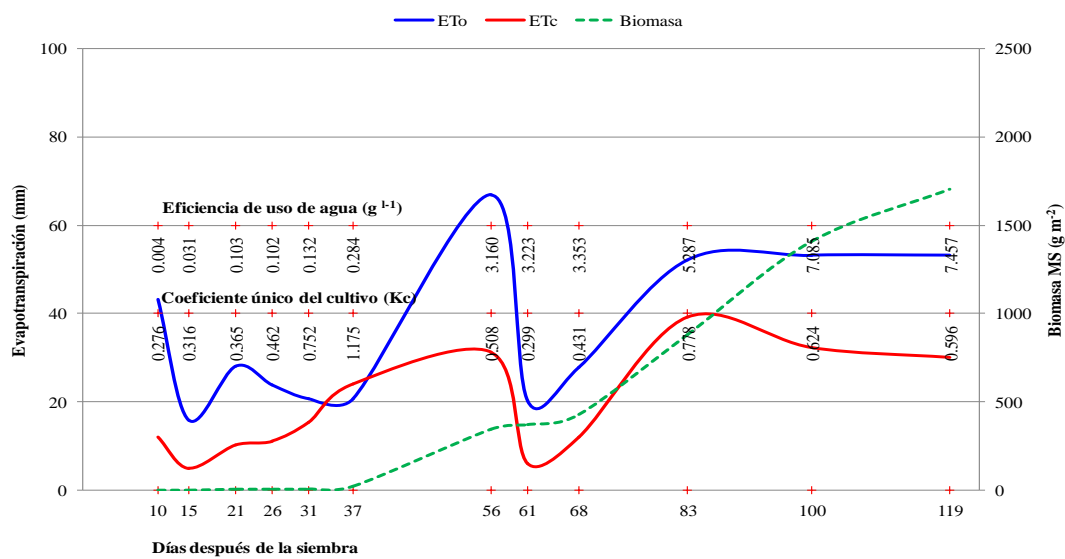


Figura 3.22. Evapotranspiración de referencia, evapotranspiración del cultivo, coeficiente único del cultivo, biomasa y eficiencia de uso de agua por estado fenológico para la variedad Blanca de Junín en época 2

Tabla 3.12. Evapotranspiración de referencia (ET_o), evapotranspiración del cultivo (ET_c), coeficiente único del cultivo (K_c), biomasa y eficiencia de uso de agua por época de siembra y estado fenológico en quinua (*Chenopodium quinoa* W.) variedad Blanca de Junín. Canaán 2735 msnm - Ayacucho

Época	Estado fenológico	Precocidad	ET _o	ET _c	ET _o	ET _c	K _c	Biomasa MS	Eficiencia de uso de agua
		dds	mm día ⁻¹	mm día ⁻¹	acumulado mm día ⁻¹	acumulado mm día ⁻¹		g m ⁻²	g l ⁻¹
Siembra 25/11/2010	Emergencia	10	41.948	7.712	41.948	7.712	0.197	0.026	0.003
	2 Hojas	15	21.405	4.338	63.354	12.050	0.210	0.597	0.050
	4 Hojas	21	17.119	3.519	80.472	15.569	0.214	2.570	0.165
	6 Hojas	26	22.754	2.362	103.226	17.930	0.098	3.153	0.176
	Ramificación	31	19.116	6.170	122.342	24.100	0.354	18.119	0.752
	Inicio de Panojamiento	47	72.160	20.003	194.502	44.103	0.277	33.215	0.753
	Panojamiento	54	28.823	12.532	223.325	56.635	0.434	415.478	7.336
	Inicio de Floración	77	87.148	59.720	310.473	116.355	0.718	346.952	2.982
	Floración	88	37.210	18.412	347.684	134.767	0.514	704.098	5.225
	Grano Lechoso	95	24.616	7.808	372.299	142.576	0.322	1261.875	8.851
	Grano Pastoso	109	55.758	36.921	428.057	179.497	0.682	1819.219	10.135
	Madurez Fisiológica	123	40.961	30.125	469.019	209.622	0.761	1988.203	9.485
Siembra 25/12/2010	Emergencia	10	43.078	12.050	43.078	12.050	0.276	0.049	0.004
	2 Hojas	15	15.888	4.916	58.966	16.966	0.316	0.518	0.031
	4 Hojas	21	28.062	10.146	87.028	27.113	0.365	2.806	0.103
	6 Hojas	26	23.833	11.062	110.861	38.174	0.462	3.895	0.102
	Ramificación	31	20.679	15.424	131.541	53.598	0.752	7.078	0.132
	Inicio de Panojamiento	37	20.648	24.100	152.188	77.698	1.175	22.077	0.284
	Panojamiento	56	66.894	31.234	219.082	108.932	0.508	344.219	3.160
	Inicio de Floración	61	20.136	6.073	239.218	115.005	0.299	370.625	3.223
	Floración	68	27.710	12.002	266.928	127.007	0.431	425.898	3.353
	Grano Lechoso	83	52.196	39.235	319.125	166.242	0.778	878.906	5.287
	Grano Pastoso	100	53.183	32.294	372.307	198.536	0.624	1406.719	7.085
	Madurez Fisiológica	119	53.183	30.029	425.490	228.564	0.596	1704.375	7.457

Tabla 3.13. Análisis de variancia de caracteres de rendimiento de cuatro variedades de quinua (*Chenopodium quinoa* W.) en dos épocas de siembra. Canaán 2735 msnm – Ayacucho

Fuente	GL	Altura de planta	Peso de panoja	Peso de grano por panoja	Peso de 1000 semillas	Índice de cosecha	Rendimiento de grano
Época	1	536.3 *	0.00071	0.00012	2.296 **	0.02779 **	578350
Bloque(Época)	6	765.4 **	0.00067	0.00024	0.025	0.00068	677681
Variedad	3	2146.9 **	0.00072	0.00075 *	0.194 *	0.00194	2687106 **
Variedad x Época	3	186.8	0.00074	0.00056 *	0.064	0.00605 **	64055
Época / B. Junín	1	N.S	N.S	0.00003	N.S	0.01256 **	N.S
Época / Killahuamán	1	N.S	N.S	0.00151 **	N.S	0.01796 **	N.S
Época / Pasankalla	1	N.S	N.S	0.00017	N.S	0.00106	N.S
Época / S. Inia	1	N.S	N.S	0.00009	N.S	0.01437 **	N.S
Variedad / Época 1	3	N.S	N.S	0.00015	N.S	0.00099	N.S
Variedad / Época 2	3	N.S	N.S	0.00116 **	N.S	0.00700 **	N.S
Error	18	105.9	0.00032	0.00015	0.048	0.00073	260468
Total	31						
CV (%)		6.76	27.85	30.61	7.48	10.44	29.80
Promedio		152.24 cm	0.064 kg	0.04 kg	2.92 g	0.26	1712.34 kg/ha

3.5. RENDIMIENTO

Al estudiar los caracteres de rendimiento, se encontró diferencia significativa entre épocas de siembra en los caracteres altura de planta, peso de 1000 semillas e índice de cosecha. Se encontró diferencia significativa en la fuente de variación variedad en los caracteres altura de planta, peso de grano por panoja, peso de 1000 semillas y rendimiento de grano. La interacción variedad x época fue significativa en los caracteres peso de grano por panoja e índice de cosecha, en el carácter peso de grano por panoja además se tiene diferencia significativa en la fuente de variación época en la variedad Killahuamán y variedad en la época 2, mientras que en el carácter índice de cosecha se tiene diferencia significativa en las fuentes de variación época en la variedad Blanca de Junín, época en la variedad Killahuamán, época en la variedad Salcedo INIA y variedad en época 2. Los coeficientes de variación resultaron entre 6.76 % (altura de planta) y 30.61 % (peso de grano por panoja), se puede considerar que los valores están dentro de un 30 % de coeficiente de variación o muy próximos, que se considera aceptable según Calzada, 1970 (tabla 3.13)

3.5.1. Altura de planta (cm)

Tabla 3.14. Prueba de Tukey (0.05) de la altura de planta de quinua (*Chenopodium quinoa* W.), entre épocas y variedades.

Combinación	Altura de planta Cm	Tukey 0.05
Época 1	156.34	a
Época 2	148.15	b
Killahuamán	168.41	a
Blanca de Junín	164.24	a
Salcedo Inia	139.44	b
Pasankalla	136.89	b

La altura de planta en promedio de todas las variedades en cada época (efecto principal de épocas) es mayor en la época 1 (156.34 cm) y menor en la época 2 (148.15 cm) con diferencia significativa entre ambas épocas. La altura de planta en promedio de las dos épocas en cada variedad (efecto principal de variedades) es mayor en las variedades Killahuamán (168.41 cm) y Blanca de Junín (164.24 cm), sin diferencia significativa entre ambas variedades y es menor en las variedades

Salcedo Inia (139.44 cm) y Pasankalla (136.89 cm), sin diferencia significativa entre ambas variedades; las dos variedades de mayor altura se diferencian significativamente de los dos variedades de menor altura (tabla 3.14)

Bellido (2017) refiere que al evaluar cinco cultivares de quinua de grano blanco, la altura de planta varió entre 156.8 y 170.3 cm para los cultivares Compuesto B y Blanca de Junín Huancayo respectivamente. Trucios (2007) en Yauli – Huancavelica, observó que el cultivar Nariño mostró una altura de planta con 156 cm, y los cultivares Real Boliviana y Jujuy, alcanzaron menores alturas de planta con 62 y 72 cm respectivamente. Se puede concluir que la altura de planta depende de la variedad, medio ambiente e interacción del factor genético y medioambiental (Mujica, 1993)

3.5.2. Peso de panoja

Tabla 3.15. Prueba de Tukey (0.05) del peso de panoja de quinua (*Chenopodium quinoa* W.), entre épocas y variedades.

Combinación	Peso de panoja kg	Tukey 0.05
Época 1	0.069	a
Época 2	0.059	a
Blanca de Junín	0.074	a
Killahuamán	0.070	a
Salcedo Inia	0.059	a
Pasankalla	0.054	a

El peso de panoja en promedio de todas las variedades en cada época (efecto principal de épocas) es mayor en la época 1 (0.069 kg) y menor en la época 2 (0.059 kg) sin diferencia significativa entre ambas épocas. El peso de panoja en promedio de las dos épocas en cada variedad (efecto principal de variedades) es mayor en la variedad Blanca de Junín (0.074 kg), seguido de las variedades Killahuamán (0.070 kg), Salcedo Inia (0.059 kg) y Pasankalla (0.054 kg), sin diferencia significativa entre las cuatro variedades (tabla 3.15)

Bellido (2017) al evaluar cinco cultivares de quinua, observa que el peso de panoja varía entre 79.5 y 102.3 g para los cultivares Compuesto B y Choclito respectivamente. Dipaz (2010) para cultivares de grano amarillo y en condiciones de Canaán a 2735 msnm reporta el mayor peso de panoja para el cultivar CQA07 con 35 g y el de menor peso el cultivar CQA02 con 17.3 g, promedios inferiores a los obtenidos en el presente trabajo. Se deduce que la variación del peso de panoja está determinado por factores genéticos y ambientales.

3.5.3. Peso de grano por panoja

Tabla 3.16. Prueba de Tukey (0.05) del peso de grano por panoja de quinua (*Chenopodium quinoa* W.), épocas en variedades y variedades en épocas.

Combinación		Peso de grano por panoja kg	Tukey 0.05	
Época 2	Blanca de Junín	0.050	a	
Época 1	Blanca de Junín	0.046	a	
Época 2	Killahuamán	0.061	a	
Época 1	Killahuamán	0.034		b
Época 1	Pasankalla	0.032	a	
Época 2	Pasankalla	0.023	a	
Época 1	Salcedo Inia	0.040	a	
Época 2	Salcedo Inia	0.033	a	
Blanca de Junín	Epoca 1	0.046	a	
Salcedo Inia	Epoca 1	0.040	a	
Killahuamán	Epoca 1	0.034	a	
Pasankalla	Epoca 1	0.032	a	
Killahuamán	Epoca 2	0.061	a	
Blanca de Junín	Epoca 2	0.050	a	b
Salcedo Inia	Epoca 2	0.033		b c
Pasankalla	Epoca 2	0.023		c

El peso de grano por panoja no se diferencia entre las épocas de siembra en las variedades Blanca de Junín, Pasankalla y Salcedo Inia. En la variedad Killahuamán se observa diferencia significativa entre las épocas de siembra, en la época 2 se tiene

0.061 kg y en la época 1 se tiene 0.034 kg. En la época 1 no se tiene diferencia significativa entre las variedades, con promedios de 0.046 kg para Blanca de Junín, 0.040 kg para Salcedo Inia, 0.034 kg para Killahuamán y 0.032 kg para Pasankalla. En la época 2 se tiene diferencia significativa entre variedades, el mayor promedio corresponde a la variedad Killahuamán (0.061 kg), los valores intermedios sin diferencia significativa corresponden a las variedades Blanca de Junín (0.050 kg) y Salcedo Inia (0.033 kg), el menor valor corresponde a la variedad Pasankalla (0.023 kg), ver en el (tabla 3.16)

3.5.4. Peso de 1000 semillas

Tabla 3.17. Prueba de Tukey (0.05) del peso de 1000 semillas de quinua (*Chenopodium quinoa* W.), entre épocas y variedades.

Combinación	Peso de 1000 semillas g	Tukey 0.05	
Época 2	3.191	a	
Época 1	2.655		b
Blanca de Junín	3.094	a	
Killahuamán	3.011	a	b
Salcedo Inia	2.827	a	b
Pasankalla	2.761		b

El peso de 1000 semillas en promedio de todas las variedades en cada época (efecto principal de épocas) es mayor en la época 2 (3.191 g) y menor en la época 1 (2.655 g) con diferencia significativa entre ambas épocas. El peso de 1000 semillas en promedio de las dos épocas en cada variedad (efecto principal de variedades) es mayor en la variedad Blanca de Junín (3.094 g), los valores intermedios corresponden a las variedades Killahuamán (3.011 g) y Salcedo Inia (2.827 g) sin diferencia significativa entre ambas variedades y el menor valor corresponde a la variedad Pasankalla (2.761 g) (tabla 3.17)

Bellido (2017) evaluó el peso de 1000 semillas en cinco cultivares de grano blanco, este carácter varió entre 2.670 y 4.598 g para los cultivares Choclito y Blanca de

Junín Huancayo respectivamente. Como se puede apreciar las diferencias en el carácter peso de 1000 semillas son de origen genético y ambiental.

3.5.5. Índice de cosecha

Tabla 3.18. Prueba de Tukey (0.05) del índice de cosecha de quinua (*Chenopodium quinoa* W.), épocas en variedades y variedades en épocas.

Combinación		Índice de cosecha	Tukey 0.05	
Época 2	Blanca de Junín	0.310	a	
Época 1	Blanca de Junín	0.231		b
Época 2	Killahuamán	0.319	a	
Época 1	Killahuamán	0.225		b
Época 1	Pasankalla	0.250	a	
Época 2	Pasankalla	0.227	a	
Época 2	Salcedo Inia	0.297	a	
Época 1	Salcedo Inia	0.213		b
Pasankalla	Época 1	0.250	a	
Blanca de Junín	Época 1	0.231	a	
Killahuamán	Época 1	0.225	a	
Salcedo Inia	Época 1	0.213	a	
Killahuamán	Época 2	0.319	a	
Blanca de Junín	Época 2	0.310	a	
Salcedo Inia	Época 2	0.297	a	
Pasankalla	Época 2	0.227		b

El índice de cosecha se diferencia significativamente entre épocas de siembra en la variedad Blanca de Junín, siendo 0.310 para la época 2 y 0.231 para la época 1, en la variedad Killahuamán se observa diferencia significativa entre épocas de siembra, siendo los promedios 0.319 para la época 2 y 0.225 para la época 1 y en la variedad Salcedo Inia también se observa diferencia significativa entre épocas, siendo 0.297 para la época 2 y 0.213 para la época 1; no existe diferencia significativa entre las épocas de siembra en la variedad Pasankalla. No se tiene diferencia significativa entre variedades en la época 1, en este caso los valores varían entre 0.213 y 0.250. En la época 2 se tiene diferencia significativa, se puede considerar 2 grupos, las variedades Killahuamán, Blanca de Junín y Salcedo Inia con promedios de 0.319,

0.310 y 0.297 respectivamente, sin diferencia significativa entre las tres variedades y la variedad Pasankalla con promedio de 0.227, esta variedad se diferencia significativamente del grupo anterior.

3.5.6. Rendimiento de grano

Tabla 3.19. Prueba de Tukey (0.05) del rendimiento de grano de quinua (*Chenopodium quinoa* W.), variedades, épocas y variedades en épocas.

Combinación	Rendimiento de grano kg ha ⁻¹	Tukey 0.05		
Blanca de Junín	2485	a		
Killahuamán	1818	a	b	
Salcedo Inia	1355		b	
Pasankalla	1191		b	
	Época 1	1578	a	
	Época 2	1847	a	
Blanca de Junín	Época 1	2291	a	
Killahuamán	Época 1	1766	a	b
Salcedo Inia	Época 1	1292	a	b
Pasankalla	Época 1	963		b
Blanca de Junín	Época 2	2679	a	
Killahuamán	Época 2	1870	a	b
Pasankalla	Época 2	1419		b
Salcedo Inia	Época 2	1418		b

El rendimiento en promedio de las dos épocas en cada variedad (efecto principal de variedades) es mayor en la variedad Blanca de Junín (2485 kg ha⁻¹), el valor intermedio corresponde a la variedad Killahuamán (1818 kg ha⁻¹) y los menores valores corresponden a las variedades Salcedo Inia (1355 kg ha⁻¹) y la variedad Pasankalla (1191 kg ha⁻¹) con diferencia significativa entre los grupos. El rendimiento de grano en promedio de todas las variedades en cada época (efecto principal de épocas) no tiene diferencia significativa entre épocas. Los rendimientos de grano de las variedades en la época 1 se diferencian significativamente, el rendimiento más alto corresponde a la variedad Blanca de Junín (2291 kg ha⁻¹), los rendimientos intermedios corresponden a las variedades Killahuamán y Salcedo Inia con promedios de 1766 y 1292 kg ha⁻¹ respectivamente, el menor rendimiento

corresponde a la variedad Pasankalla con 963 kg/ha. Los rendimientos de grano de las variedades en la época 2 se diferencian significativamente, el rendimiento más alto corresponde a la variedad Blanca de Junín (2679 kg ha^{-1}), los rendimientos intermedios corresponden a las variedades Killahuamán y Pasankalla con promedios de 1870 y 1419 kg/ha respectivamente, el menor rendimiento corresponde a la variedad Salcedo Inia con 1418 kg ha^{-1} . (tabla 3.19)

Mujica (1993) señala que los rendimientos varían de acuerdo a las variedades, fertilización y otras labores culturales realizadas durante el cultivo. Generalmente se obtienen de 600 a 800 kg ha^{-1} de grano en las variedades tradicionales (Kankolla, Blanca de juli). En la variedad Sajama se ha obtenido hasta 3000 kg ha^{-1} , siendo general obtener 1500 kg ha^{-1} . Los rendimientos en broza varían también de acuerdo a la fertilización, obteniéndose en promedio 5000 kg de broza (Kiri) y 200 kg de hojuela pequeña formada por perigonios y partes menudas de hojas y tallos. Mujica et al (2001) reportan rendimientos de 2280 y 3960 kg ha^{-1} en genotipos seleccionados en la Prueba Americana y Europea de Quinua, organizada por la FAO en lugares como Italia y Grecia.

En la primera época en general el cultivo de quinua fue más tardío que en la segunda época, con rango de 108 a 123 dds para la primera época y 94 a 119 dds para la segunda época, esta particularidad está relacionada con la mayor acumulación de grados día en la primera época que en la segunda, mayor acumulación de radiación fotosintéticamente activa, mayor precipitación total y producción de biomasa. Sin embargo los mayores rendimientos se dieron en la segunda época de siembra que en la primera época, con rangos de 1418 a 2679 kg de grano por hectárea para la segunda época y de 963 a 2291 kg de grano por hectárea para la primera época, la evapotranspiración del cultivo es mayor en la segunda época que en la primera, lo que revela una mayor actividad fotosintética y mayor eficiencia de uso de la radiación (tabla 3.20). Si bien el rendimiento de grano en la época 2 numéricamente es mayor que en la época 1, dicha diferencia no es estadísticamente significativa (tabla 3.13 y tabla 3.19), por lo que la diferencia de valores se atribuye al componente aleatorio de las unidades experimentales.

Tabla 3.20. Factores climáticos, madurez fisiológica, biomasa y rendimiento de grano en cuatro variedades de quinua (*Chenopodium quinoa W.*) en dos épocas de siembra. Canaán 2735 msnm - Ayacucho

Época	Variedad	Grados día	Temperatura media	Radiación fotosintéticamente activa	Eficiencia uso de radiación	Precipitación total	ETo	ETc	Madurez fisiológica	Biomasa MS	Rendimiento de grano
		°C	°C	MJ m ⁻²	g MJ ⁻¹	mm	mm	mm	Dds	g m ⁻²	kg ha ⁻¹
Siembra 25/11/10	Blanca de Junín	2061	16.9	1199	1.738	480.4	469.02	869.8	123	1988.20	2291
	Killahuamán	2061	16.9	1199	1.607	480.4			123	1587.15	1766
	Pasankalla	1874	16.9	1107	1.296	437.6			111	1397.31	963
	Salcedo INIA	1830	17.0	1084	1.848	414.6			108	2003.70	1292
Siembra 25/12/10	Blanca de Junín	1986	16.7	1108	1.690	454.8	425.49	948.4	119	1704.38	2679
	Killahuamán	1904	16.7	1065	1.976	454.6			114	1858.12	1870
	Pasankalla	1696	16.8	973	0.905	428.0			101	828.26	1419
	Salcedo INIA	1575	16.8	915	1.207	411.0			94	928.12	1418

CONCLUSIONES

1. Para la variedad Blanca de Junín, en la primera época y segunda época la madurez fisiológica se dio a los 123 dds y 119 dds respectivamente en ese orden, los grados día acumulado fueron de 2061 °C y 1986 °C, la precipitación acumulada fue de 480.4 mm y 454.8 mm, la radiación fotosintéticamente activa acumulada fue de 1199 MJ m⁻² y 1108 MJ m⁻², la biomasa acumulada fue 1988.20 y 1704.38 g m⁻² y el índice de área foliar máximo de 4.3053 en panojamiento y 1.7010 en inicio de floración.
2. Para la variedad Killahuamán, en la primera y segunda época de siembra la madurez fisiológica se dio a los 123 dds y 114 dds respectivamente en ese orden, los grados día acumulado fue de 2061 °C y 1904 °C, la precipitación acumulada fue de 480.4 mm y 454.8 mm, la altura de planta fue de 165.6 cm y 171.3 cm, la longitud de raíz fue de 19.5 cm y 15.8 cm, el peso seco total (hoja, tallo, panoja y raíz) fue de 84.65 g y 99.10 g y el área foliar máxima fue de 2382.74 cm² y 823.18 cm². La radiación fotosintéticamente activa acumulada fue de 1199 MJ m⁻² en la primera época y 1065 MJ m⁻² en la segunda época, en ese orden de siembra la biomasa acumulada fue 1587.15 y 1858.13 g m⁻² y el índice de área foliar máximo de 5.9568 en panojamiento y 2.0580 en panojamiento.
3. Para la variedad Pasankalla, en la primera y segunda época de siembra la madurez fisiológica se dio a los 111 dds y 101 dds, en ese orden los grados día acumulado fue de 1874 °C y 1696 °C, la precipitación acumulada fue de 437.6 mm y 428.0 mm, la altura de planta fue de 143.8 cm y 130.0 cm, la longitud de raíz fue de 18.0 cm y 19.9 cm, el peso seco total (hoja, tallo, panoja y raíz) fue de 74.52 g y 44.17 g y el área foliar máxima fue de 719.74 cm² y 469.37 cm².

La radiación fotosintéticamente activa acumulada fue de 1107 MJ m^{-2} en la primera época y 973 MJ m^{-2} en la segunda época, en ese orden de siembra la biomasa acumulada fue 1397.31 y 828.26 g m^{-2} y el índice de área foliar máximo de 1.7994 en panojamiento y 1.3025 en floración.

4. Para la variedad Salcedo INIA en la primera y segunda época de siembra la madurez fisiológica se dio a los 108 dds y 94 dds, en ese orden los grados día acumulado fue de $1830 \text{ }^{\circ}\text{C}$ y $1575 \text{ }^{\circ}\text{C}$, la precipitación acumulada fue de 414.6 mm y 411.0 mm, la altura de planta fue de 147.3 cm y 131.6 cm, la longitud de raíz fue de 15.9 cm y 16.7 cm, el peso seco total (hoja, tallo, panoja y raíz) fue de 106.86 g y 49.50 g y el área foliar máxima fue de 1169.18 cm^2 y 681.62 cm^2 . La radiación fotosintéticamente activa acumulada fue de 1084 MJ m^{-2} en la primera época y 915 MJ m^{-2} en la segunda época, en ese orden de siembra la biomasa acumulada fue 2003.70 y 928.13 g m^{-2} y el índice de área foliar máximo de 2.9229 en panojamiento y 1.7040 en panojamiento.
5. En relación al rendimiento de las cuatro variedades de quinua sembrados bajo condiciones climáticas de nuestra zona, fue favorable para la variedad Blanca de Junín con 2485 kg/ha en promedio de las dos épocas de siembra. Cabe mencionar que el rendimiento de grano de esta variedad en la primera siembra del 25/11/10 fue de 2291 kg/ha , mientras que en la siembra del 25/12/10 llegó a 2679 kg/ha , siendo así que en esta segunda época los rendimientos fueron mayores. Los valores intermedios son seguidos por las variedades Killahuamán con 1818 kg/ha , Salcedo INIA con 1355 kg/ha y la última variedad con menos rendimiento corresponde a la Pasankalla con 1191 kg/ha en promedio a las dos épocas de siembra.
6. Las variedades sembradas en la fecha 25/12/10, fueron más precoces en relación a la fecha del 25/11/10, con rango de 108 a 123 dds para la primera época y 94 a 119 dds para la segunda época, esta particularidad está relacionada con la mayor acumulación de grados día en la primera época que en la segunda, mayor acumulación de radiación fotosintéticamente activa, mayor precipitación total y producción de biomasa.

7. La evapotranspiración del cultivo acumulado (ETc acumulado) para la primera época fue de 209.622 mm con un coeficiente único del cultivo (Kc) de 0.761 a la madurez fisiológica y una eficiencia de uso de agua máximo de 10.135 g l^{-1} , frente a los mismos indicadores en la segunda época, con valores de 228.564 mm de ETc acumulado, 0.778 de Kc al estado de grano lechoso y 7.457 g l^{-1} , de eficiencia de uso de agua máximo.

RECOMENDACIONES

1. Realizar la réplica del presente trabajo en épocas diferentes de siembra, para diferenciar el efecto ambiental de la zona y en zonas distintas.
2. Realizar este tipo de trabajo por varias campañas consecutivas para estimar un pronóstico con mayor seguridad.
3. Estudiar las variables de precocidad y su relación con factores climáticos con fines de manejo de la producción en variedades de quinua.
4. Se recomienda realizar más investigaciones con la utilización de lisímetros, repitiendo el experimento y poder tener mayor valía en los resultados obtenidos con la finalidad de mejorar esta técnica.

REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA

- Agrobanco 2012.** Manejo Agronómico del Cultivo de la Quinoa. Chiara-Ayacucho. Perú 2012.
- APADES. 2008.** Origen del Cultivo de Quinoa.
- Aguilar, N. 1981.** Origen y Evaluación de la Quinoa. U.N.A. Lima –Perú.
- Amiquero L., R. 2014.** Selección y Evaluación de Poblaciones Varietales de Quinoa de Grano Blanco (*Chenopodium quinoa* Willd.). Canaán 2735 msnm - Ayacucho. Tesis para optar el Título Profesional de Ing. Agrónomo. UNSCH. Ayacucho – Perú.
- Apaza M. y Delgado M. 2005.** Manejo y Mejoramiento de Quinoa Orgánica. Serie Manual N° 01. INIA. Puno, Perú.
- Barnett, A M. 2005.** Efectos de la fertilización nitrogenada en el rendimiento de 3 variedades de quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) bajo riego por goteo. Tesis para optar el título de Ingeniero Agrónomo. UNALM. Lima- Perú.
- Bellido E. 2017.** Caracterización y rendimiento de cinco cultivares de quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) De grano blanco en Canaán a 2735 msnm– Ayacucho. Tesis para optar el título de Ing. Agrónomo. UNSCH. Ayacucho – Perú. Sin publicar
- Bertero, et. al., 2004.** Genotype and genotype - by - environment interaction effects for grain yield and grain size of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd) as revealed by pattern analysis of international multi - environment trials.
- Bonifacio, A. 2003.** *Chenopodium* Sp.: Genetic Resources, Ethnobotany and Geographic Distribution. Food Reviews Intemntional. New York. Vol. 19.
- Calzada, 1970.** Métodos estadísticos para la investigación.
- Choque P. 1980.** Comparativo de Cuatro Variedades Comerciales de “Quinoa” (*Chenopodium quinoa* Willd.), en condiciones de Allpachaka (3500 m.s.n.m.) Ayacucho. Tesis para optar el Título Profesional de Ing. Agrónomo. UNSCH. Ayacucho – Perú.
- Dipaz, B. 2010.** Caracterización y Evaluación de Poblaciones de Quinoa de grano Amarillo (*Chenopodium quinoa* Willd.). Canaán 2730 msnm. -

Ayacucho. Tesis para optar el Título Profesional de Ing. Agrónoma. UNSCH. Ayacucho -Perú.

- FAO 1990.** Manejo de suelos en Regiones Semiáridas.
- FAO 2006.** “EVAPOTRANSPIRACION DEL CULTIVO: Guías para la determinación de los requerimientos de agua de los cultivos”.
- FAO 2007.** Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd) Ancestral cultivo andino, 77Alimento del presente y futuro.
- FAO et. al., 2012.** Plan maestro para la celebración del Año Internacional de la quinoa. un Futuro Sembrado hace Miles de Años.
- Fernandez, R. E y Camacho, I. F 2005.** Eficiencia en el uso del agua. Revista Viveros. Universidad de Almería en España, 2005.
- Frere 1975.** Estudio agrometeorológico de la zona andina (Informe técnico). Proyecto Interinstitucional, FAO/UNESCO/OMM. Roma, Italia
- Gandarillas H. 1979.** Botánica en: Quinoa y Kañiwa, Cultivos Andinos. CIIO. IICA. Serie de libros y materiales educativos N° 40 Bogotá, Colombia.
- Gastiazoro J. 2006.** Climatología y Fenología Agrícola. Universidad Nacional del Camahue. Buenos Aires, Argentina.
- Kolano, B. 2014.** Genome size variation in *Chenopodium quinoa* Willd (Chenopodiaceae). Plant – Systematics and Evolution.
- León J. 2003.** Cultivo de la Quinoa en Puno Perú. Descripción, Manejo y Producción. Puno, Perú. Setiembre.
- Lescano J. 1994.** Genética y Mejoramiento de Cultivos Altoandinos. Quinoa, Kañiwa, Tarwi, Kiwicha, Papa, Olluco, Maschua y Oca. Puno-Perú.
- Mujica A. 1993.** “Cultivo de Quinoa”. Instituto Nacional de Investigación Agraria. Serie Manual N° 11. Lima – Perú.
- Mujica, A. et al. 2001.** Quinoa, Ancestral Cultivo Andino, Alimento del Presente y Futuro. Oficial Regional de Producción Vegetal. Para América Latina y el Caribe, Santiago Chile.
- Pérez de Askue M. y Puche M. 2003.** La temperatura como herramienta de predicción agroclimatológica aplicada a la producción de frutales. En: CENIAP HOY n° 3, septiembre – diciembre 2003. Maracay, Aragua, Venezuela.

- Quispe J. 2012.** Fitogenotecnia “Guía de estudios del curso de Fitogenotecnia”. Escuela de Formación Profesional de Agronomía, Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga.
- Roque, O. 2009.** Introducción a la meteorología y climatología general.
- Santana Olalla, F. 2005.** “Agua y Agronomía”. ed: Ediciones Mundi Prensa, Madrid - España.
- Salisbury F. y Ross C. 1992.** Fisiología de las Plantas. Paraninfo, Thomson Learning. Madrid, España.
- Simmonds, N. W. 1965.** The grain chenopods of the tropical American highlands.
- SENASA 2014.** Guía de Buenas Prácticas Agrícolas para el cultivo de Quinoa - SENASA
- Sulca M. 1989.** Análisis de Crecimiento de la quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) puno – 7 precoz y local tardía en la localidad de Quinoa a 3200 msnm. Tesis para optar el Título Profesional de Ing. Agrónomo. UNSCH. Ayacucho, Perú.
- Tapia, M. 2007.** Guía de campo de los cultivos andinos, FAO, Lima, Perú.
- Torres, 1983.** “Agrometeorología”. Primera Edición. Ed: Trillas S. A. México.
- Trucios T. 2007.** Comparativo de 25 Cultivares de Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willdenow) a 3800 msnm, en el Distrito de Yauli, Huancavelica. Tesis Ing. Agrónomo. UNSCH.
- Wilson, H. D. 1988.** “Quinoa biosystematics I domesticated populations”. Economic Botany.
- <https://www.agrobanco.com.pe/data/uploads/ctecnica/038-b-quinua.pdf>.
- <http://www.apades.org/cultivos/quin.htm>.
- <https://www.senasa.gob.pe/sensa/wp-content/uploads/2014/12/GUIA-BPA-Quinoa.pdf>.

ANEXOS

Anexo 1: Formato resumen fenología del cultivo de quinua en las cuatro variedades segunda época de siembra 25/12/2010

Proyecto: Zonificación agrícola de riesgos climáticos para cultivos de seguridad alimentaria y agroexportación en las Regiones de Ayacucho y Huancavelica

Bloque	Parcela	Tratam.	Variedad	Em 50 %	2 H 50%	4 H 50%	6 H 50%	Ram 50%	I. Panoj 50%	Panoj 50%	In flor 50%	Flor 50%	Grano lechoso 50%	Grano pastoso 50%	Madurez fisiológica 50%
1	101	T-1	Blanca de Junin	03-ene	07-ene	14-ene	19-ene	24-ene	30-ene	18-feb	23-feb	02-mar	17-mar	03-abr	22-abr
1	102	T-2	Killawaman	03-ene	08-ene	15-ene	20-ene	24-ene	31-ene	16-feb	21-feb	28-feb	15-mar	01-abr	17-abr
1	103	T-3	Salcedo INIA	04-ene	08-ene	13-ene	18-ene	23-ene	28-ene	10-feb	15-feb	22-feb	08-mar	18-mar	28-mar
1	104	T-4	Pasankalla	04-ene	09-ene	14-ene	18-ene	23-ene	29-ene	12-feb	17-feb	25-feb	12-mar	22-mar	04-abr
2	201	T-2	Killawaman	03-ene	07-ene	15-ene	20-ene	24-ene	31-ene	16-feb	21-feb	28-feb	15-mar	01-abr	17-abr
2	202	T-1	Blanca de Junin	04-ene	08-ene	14-ene	19-ene	24-ene	30-ene	18-feb	23-feb	02-mar	17-mar	03-abr	22-abr
2	203	T-4	Pasankalla	03-ene	09-ene	14-ene	18-ene	23-ene	29-ene	12-feb	17-feb	25-feb	12-mar	22-mar	04-abr
2	204	T-3	Salcedo INIA	04-ene	08-ene	13-ene	18-ene	23-ene	28-ene	10-feb	15-feb	22-feb	08-mar	18-mar	28-mar
3	301	T-2	Killawaman	03-ene	08-ene	15-ene	20-ene	24-ene	31-ene	16-feb	21-feb	28-feb	15-mar	01-abr	17-abr
3	302	T-1	Blanca de Junin	03-ene	07-ene	14-ene	19-ene	24-ene	30-ene	18-feb	23-feb	02-mar	17-mar	03-abr	22-abr
3	303	T-3	Salcedo INIA	04-ene	09-ene	13-ene	18-ene	23-ene	28-ene	10-feb	15-feb	22-feb	08-mar	18-mar	28-mar
3	304	T-4	Pasankalla	04-ene	09-ene	14-ene	18-ene	23-ene	29-ene	12-feb	17-feb	25-feb	12-mar	22-mar	04-abr
4	401	T-1	Blanca de Junin	03-ene	08-ene	14-ene	19-ene	24-ene	30-ene	18-feb	23-feb	02-mar	17-mar	03-abr	22-abr
4	402	T-2	Killawaman	03-ene	07-ene	15-ene	20-ene	24-ene	31-ene	16-feb	21-feb	28-feb	15-mar	01-abr	17-abr
4	403	T-4	Pasankalla	03-ene	08-ene	14-ene	18-ene	23-ene	29-ene	12-feb	17-feb	25-feb	12-mar	22-mar	04-abr
4	404	T-3	Salcedo INIA	03-ene	08-ene	13-ene	18-ene	23-ene	28-ene	10-feb	15-feb	22-feb	08-mar	18-mar	28-mar

Anexo 2: Formato resumen de altura de planta de acuerdo al estado fenológico del cultivo de quinua en las cuatro variedades segunda época de siembra 25/12/2010

Proyecto: Zonificación agrícola de riesgos climáticos para cultivos de seguridad alimentaria y agroexportación en las Regiones de Ayacucho y Huancavelica

Bloque	Parcela	Tratam.	Variedad	Altura Em	Altura 2 H	Altura 4 H	Altura 6 H	Altura Ram	Altura I. Panoj	Altura Panoj	Altura In flor	Altura Flor	Altura Grano lechoso	Altura Grano pastoso	Altura Madurez fisiológica
1	101	T-1	Blanca de Junin	3.0	3.2	6.0	9.6	13.1	20.5	106.2	112.3	126.3	151.7	162.0	151.5
1	102	T-2	Killawaman	2.8	3.2	4.8	8.7	13.6	17.7	95.7	104.7	119.7	152.7	135.0	162.0
1	103	T-3	Salcedo INIA	3.1	3.8	4.2	6.8	11.9	19.1	63.7	104.7	94.3	104.2	95.4	98.5
1	104	T-4	Pasankalla	2.6	3.7	3.8	8.7	11.9	22.4	71.3	80.0	83.7	112.3	100.7	92.0
2	201	T-2	Killawaman	2.8	3.6	5.5	7.3	11.1	23.6	100.7	112.7	138.3	150.5	173.0	166.0
2	202	T-1	Blanca de Junin	2.8	3.6	5.2	7.6	15.3	24.0	95.0	99.1	111.0	146.7	163.0	157.5
2	203	T-4	Pasankalla	3.4	3.6	6.6	7.9	16.2	22.4	68.7	96.7	97.7	136.2	139.7	142.8
2	204	T-3	Salcedo INIA	2.4	3.3	5.5	6.8	11.9	24.4	82.3	98.0	115.7	123.7	130.0	134.4
3	301	T-2	Killawaman	3.4	3.5	5.7	8.4	15.5	25.0	100.8	120.9	141.0	164.4	168.0	178.0
3	302	T-1	Blanca de Junin	3.6	3.4	6.3	9.6	14.2	18.5	103.0	110.2	128.2	159.0	171.0	169.0
3	303	T-3	Salcedo INIA	2.1	3.1	5.7	6.4	14.8	21.2	75.3	95.0	112.6	129.3	140.2	144.9
3	304	T-4	Pasankalla	3.0	3.5	5.2	7.8	13.9	23.7	70.7	97.8	108.8	130.3	131.7	136.3
4	401	T-1	Blanca de Junin	2.7	3.8	4.7	9.2	13.9	24.8	105.0	107.3	120.3	173.7	180.3	161.0
4	402	T-2	Killawaman	3.0	3.5	4.8	7.2	15.4	24.8	108.7	126.7	130.7	169.2	169.2	179.0
4	403	T-4	Pasankalla	3.0	3.5	5.4	7.2	13.9	21.6	61.7	102.7	115.0	140.3	133.2	149.0
4	404	T-3	Salcedo INIA	1.8	3.7	5.4	7.4	11.6	20.5	89.3	98.0	117.0	131.3	145.3	148.5

Anexo 3: Formato resumen área foliar e índice de área foliar de acuerdo al estado fenológico del cultivo de quinua en las cuatro variedades segunda época de siembra 25/12/2010

Proyecto: Zonificación agrícola de riesgos climáticos para cultivos de seguridad alimentaria y agroexportación en las Regiones de Ayacucho y Huancavelica

Blo	Parc	Trat	Variedad	A F (cm2) Em	IAF Em	A F (cm2) 2 H	IAF 2 H	A F (cm2) 4 H	IAF 4 H	A F (cm2) 6 H	IAF 6 H	A F (cm2) Ram	IAF Ram	A F (cm2) In Pan	IAF In Pan	A F (cm2) Panoj	IAF Panoj	A F (cm2) In Florac	IAF In Florac	A F (cm2) Florac	IAF Florac	A F (cm2) Grano Lech	IAF Grano Lech	A F (cm2) Grano Past	IAF Grano Past	A F (cm2) Mad Fisiol	IAF Mad Fisol
1	101	T-1	Blanca Junin	0.3	0.001	5.2	0.013	15.2	0.04	28.2	0.07	44.1	0.11	141.2	0.35	741.0	1.85	628.6	1.57	355.2	0.89	760.6	1.90	382.8	0.96	96.0	0.24
1	102	T-2	Killawaman	0.5	0.001	5.0	0.012	16.3	0.04	24.3	0.06	37.6	0.09	132.8	0.33	1016.8	2.54	554.2	1.39	579.9	1.45	688.8	1.72	300.2	0.75	53.6	0.13
1	103	T-3	Salcedo Inia	0.2	0.001	4.0	0.010	13.6	0.03	22.2	0.06	29.6	0.07	129.4	0.32	365.1	0.91	391.0	0.98	391.1	0.98	135.5	0.34	151.2	0.38	29.2	0.07
1	104	T-4	Pasankalla	0.3	0.001	4.6	0.011	15.8	0.04	35.3	0.09	34.5	0.09	122.0	0.30	525.4	1.31	182.5	0.46	269.8	0.67	122.2	0.31	74.3	0.19	72.5	0.18
2	201	T-2	Killawaman	0.4	0.001	4.9	0.012	19.0	0.05	28.9	0.07	56.2	0.14	85.2	0.21	715.3	1.79	589.0	1.47	701.2	1.75	561.7	1.40	175.6	0.44	122.6	0.31
2	202	T-1	Blanca Junin	0.4	0.001	4.6	0.012	15.4	0.04	31.0	0.08	64.3	0.16	93.7	0.23	622.3	1.56	578.9	1.45	280.6	0.70	470.5	1.18	123.7	0.31	304.2	0.76
2	203	T-4	Pasankalla	0.4	0.001	5.5	0.014	18.4	0.05	35.7	0.09	48.0	0.12	156.8	0.39	362.2	0.91	330.8	0.83	361.0	0.90	239.9	0.60	205.8	0.51	127.8	0.32
2	204	T-3	Salcedo Inia	0.5	0.001	4.1	0.010	15.1	0.04	28.0	0.07	70.8	0.18	103.2	0.26	719.7	1.80	517.0	1.29	650.4	1.63	451.2	1.13	342.6	0.86	102.7	0.26
3	301	T-2	Killawaman	0.6	0.001	2.8	0.007	21.1	0.05	27.9	0.07	53.2	0.13	111.5	0.28	790.9	1.98	735.4	1.84	542.1	1.36	883.0	2.21	242.9	0.61	40.6	0.10
3	302	T-1	Blanca Junin	0.4	0.001	4.0	0.010	16.9	0.04	33.3	0.08	56.5	0.14	125.3	0.31	347.5	0.87	529.5	1.32	351.4	0.88	422.7	1.06	280.5	0.70	297.0	0.74
3	303	T-3	Salcedo Inia	0.3	0.001	4.1	0.010	10.7	0.03	30.9	0.08	63.4	0.16	114.2	0.29	674.2	1.69	598.0	1.49	471.8	1.18	510.3	1.28	472.6	1.18	151.7	0.38
3	304	T-4	Pasankalla	0.4	0.001	4.4	0.011	17.4	0.04	36.4	0.09	52.6	0.13	161.4	0.40	487.6	1.22	417.3	1.04	647.0	1.62	206.8	0.52	367.5	0.92	242.6	0.61
4	401	T-1	Blanca Junin	0.3	0.001	4.6	0.012	11.7	0.03	36.2	0.09	50.9	0.13	161.2	0.40	597.1	1.49	984.6	2.46	406.9	1.02	513.4	1.28	241.0	0.60	197.1	0.49
4	402	T-2	Killawaman	0.4	0.001	4.5	0.011	11.2	0.03	28.3	0.07	68.7	0.17	183.8	0.46	769.7	1.92	697.5	1.74	451.4	1.13	1024.6	2.56	201.4	0.50	178.7	0.45
4	403	T-4	Pasankalla	0.5	0.001	4.3	0.011	17.0	0.04	33.1	0.08	72.5	0.18	163.8	0.41	502.3	1.26	428.8	1.07	807.8	2.02	322.0	0.81	415.1	1.04	177.1	0.44
4	404	T-3	Salcedo Inia	0.4	0.001	4.0	0.010	16.2	0.04	23.2	0.06	49.6	0.12	126.1	0.32	967.4	2.42	570.7	1.43	799.0	2.00	369.0	0.92	416.1	1.04	164.3	0.41

Anexo 4: Formato resumen materia fresca y materia seca aérea de acuerdo al estado fenológico del cultivo de quinua en las cuatro variedades segunda época de siembra 25/12/2010

Proyecto: Zonificación agrícola de riesgos climáticos para cultivos de seguridad alimentaria y agroexportación en las Regiones de Ayacucho y Huancavelica

Blo	Parc	Trat	Variedad	Mat Fresca Em	Mat Seca Em	Mat Fresca 2 H	Mat Seca 2 H	Mat Fresca 4 H	Mat Seca 4 H	Mat Fresca 6 H	Mat Seca 6 H	Mat Fresca Ram	Mat Seca Ram	Mat Fresc In Pan	Mat Sec Pan	Mat Fresca Panoj	Mat Seca Panoj	Mat Fresca In Florac	Mat Seca In Florac	Mat Fresca Florac	Mat Seca Florac	Mat Fresca Grano Lech	Mat Seca Grano Lech	Mat Fresca Grano Past	Mat Seca Grano Past	Mat Fresca Mad Fisiol	Mat Seca Mad Fisol
1	101	T-1	Blanca Junin	0.02	0.004	0.3	0.031	1.23	0.16	1.47	0.15	3.07	0.30	12.40	1.16	122.10	17.60	143.4	15.87	140.0	17.83	190.40	42.35	279.7	76.95	242.8	93.85
1	102	T-2	Killawaman	0.03	0.009	0.3	0.028	1.12	0.14	1.25	0.13	2.93	0.32	11.48	0.88	133.70	17.70	133.4	24.72	188.2	22.37	229.30	46.60	191.3	52.75	320.5	113.3
1	103	T-3	Salcedo Inia	0.02	0.005	0.3	0.025	0.95	0.12	1.14	0.12	2.07	0.21	10.93	0.98	70.60	10.77	110.4	9.80	78.23	8.67	171.90	22.60	87.70	47.80	66.60	21.55
1	104	T-4	Pasankalla	0.02	0.003	0.3	0.028	0.99	0.12	1.94	0.20	2.17	0.22	11.34	1.11	85.15	12.00	70.4	6.30	114.2	13.88	72.00	11.04	60.90	14.95	38.25	15.79
2	201	T-2	Killawaman	0.03	0.002	0.3	0.026	1.42	0.17	1.72	0.18	4.03	0.39	10.86	1.04	121.93	17.90	219.2	24.57	260.8	26.60	176.70	38.15	284.7	82.50	202.2	70.58
2	202	T-1	Blanca Junin	0.03	0.002	0.3	0.026	1.10	0.14	1.73	0.18	4.23	0.44	10.68	1.04	116.03	15.40	133.8	14.90	140.3	16.83	130.10	23.10	180.7	49.75	174.6	64.50
2	203	T-4	Pasankalla	0.03	0.003	0.3	0.031	1.36	0.17	1.88	0.20	3.33	0.35	14.49	1.34	65.40	9.47	99.3	9.97	104.6	11.43	162.65	29.15	115.9	29.25	125.7	57.45
2	204	T-3	Salcedo Inia	0.03	0.003	0.3	0.023	1.10	0.14	1.56	0.16	4.53	0.39	9.24	1.31	113.57	15.27	132.8	13.70	145.6	17.73	130.50	20.75	139.5	31.75	185.3	56.90
3	301	T-2	Killawaman	0.04	0.003	0.2	0.017	1.54	0.19	1.56	0.16	4.20	0.40	12.53	1.11	115.70	16.27	207.8	26.23	157.1	21.67	288.00	65.50	247.6	55.20	255.3	86.25
3	302	T-1	Blanca Junin	0.03	0.002	0.2	0.022	1.18	0.15	1.97	0.20	3.63	0.34	10.90	0.84	121.33	14.87	153.7	14.43	144.4	18.83	146.35	30.40	232.3	79.00	251.8	79.10
3	303	T-3	Salcedo Inia	0.02	0.002	0.3	0.023	0.79	0.10	1.65	0.17	4.43	0.39	10.34	0.91	111.33	14.83	161.9	15.25	149.2	16.23	109.55	19.30	252.2	54.65	156.8	49.70
3	304	T-4	Pasankalla	0.04	0.003	0.3	0.026	1.24	0.16	2.00	0.21	3.80	0.36	17.28	1.57	106.70	12.13	111.6	11.13	155.7	16.33	114.05	20.30	116.5	27.85	77.55	27.83
4	401	T-1	Blanca Junin	0.03	0.002	0.3	0.029	0.87	0.11	2.23	0.23	3.77	0.33	16.53	1.31	130.77	15.70	173.7	19.40	139.8	18.33	210.90	60.40	211.0	52.70	231.0	88.15
4	402	T-2	Killawaman	0.03	0.003	0.3	0.027	1.18	0.15	1.53	0.16	5.23	0.46	22.58	2.18	125.90	17.53	177.7	25.48	149.1	20.70	354.50	69.92	282.3	95.40	283.5	92.15
4	403	T-4	Pasankalla	0.04	0.003	0.3	0.024	1.26	0.16	1.89	0.20	5.30	0.49	15.94	1.31	113.65	13.20	141.4	17.15	165.8	15.11	179.15	30.10	127.1	30.75	196.6	64.35
4	404	T-3	Salcedo Inia	0.03	0.003	0.3	0.022	0.83	0.10	1.16	0.12	3.90	0.32	14.01	1.21	205.10	20.93	158.3	15.50	163.3	16.98	172.30	25.20	183.9	45.85	180.4	55.70

Anexo 5: Formato resumen profundidad de raíces de acuerdo al estado fenológico del cultivo de quinua en las cuatro variedades segunda época de siembra 25/12/2010

Proyecto: Zonificación agrícola de riesgos climáticos para cultivos de seguridad alimentaria y agroexportación en las Regiones de Ayacucho y Huancavelica

Bloque	Parcela	Tratam.	Variedad	Prof Raíz Em	Prof Raíz 2 H	Prof Raíz 4 H	Prof Raíz 6 H	Prof Raíz Ram	Prof Raíz I. Panoj	Prof Raíz Panoj	Prof Raíz In flor	Prof Raíz Flor	Prof Raíz Grano lechoso	Prof Raíz Grano pastoso	Prof Raíz Madurez fisiológica
1	101	T-1	Blanca de Junin	1.7	2.9	5.2	4.5	5.4	7.0	11.1	14.7	17.2	17.0	17.7	15.3
1	102	T-2	Killawaman	2.2	2.0	4.8	3.7	5.6	8.0	11.5	12.2	13.9	16.1	17.0	12.5
1	103	T-3	Salcedo INIA	1.8	3.3	5.4	4.5	4.3	7.9	11.3	11.3	11.9	14.0	12.0	12.4
1	104	T-4	Pasankalla	1.3	1.9	6.2	4.5	3.8	7.9	10.4	14.2	14.7	13.3	14.0	18.0
2	201	T-2	Killawaman	1.7	3.2	7.0	7.9	6.5	7.8	10.7	12.7	17.0	14.2	21.7	15.5
2	202	T-1	Blanca de Junin	1.9	3.1	6.1	5.4	4.8	6.5	10.0	15.5	17.0	13.7	17.3	18.0
2	203	T-4	Pasankalla	2.8	3.5	5.3	5.9	5.4	8.3	10.0	13.2	17.0	15.8	13.8	21.5
2	204	T-3	Salcedo INIA	3.2	2.9	3.6	5.9	5.9	7.1	8.4	15.2	17.8	16.0	15.3	20.4
3	301	T-2	Killawaman	2.2	2.4	5.2	5.6	6.3	7.2	8.8	14.7	16.7	17.2	26.7	21.5
3	302	T-1	Blanca de Junin	0.9	2.7	5.2	5.1	6.7	8.6	10.4	16.0	17.7	18.0	19.0	16.0
3	303	T-3	Salcedo INIA	2.5	3.8	3.2	5.1	4.9	7.1	8.5	12.6	16.7	15.3	18.7	18.0
3	304	T-4	Pasankalla	2.0	4.0	5.5	6.9	6.4	9.2	9.5	13.6	14.5	19.0	17.7	19.0
4	401	T-1	Blanca de Junin	2.2	4.0	5.7	5.5	5.4	8.9	10.4	16.0	17.3	20.2	23.7	16.0
4	402	T-2	Killawaman	1.8	3.1	5.4	5.7	5.7	9.5	10.5	12.3	15.3	14.0	23.3	13.5
4	403	T-4	Pasankalla	2.0	2.8	5.3	5.1	7.1	8.8	9.6	15.0	14.7	18.7	17.2	21.0
4	404	T-3	Salcedo INIA	1.8	2.7	5.3	5.6	5.4	8.4	9.8	15.7	16.3	20.3	14.5	16.0

Anexo 6: Formato resumen materia fresca y materia seca de raíces de acuerdo al estado fenológico del cultivo de quinua en las cuatro variedades segunda época de siembra 25/12/2010

Proyecto: Zonificación agrícola de riesgos climáticos para cultivos de seguridad alimentaria y agroexportación en las Regiones de Ayacucho y Huancavelica

Blo	Parc	Trat	Variedad	Mat Fresca Raíz Em	Mat Seca Raíz Em	Mat Fresca Raíz 2 H	Mat Seca Raíz 2 H	Mat Fresca Raíz 4 H	Mat Seca Raíz 4 H	Mat Fresca Raíz 6 H	Mat Seca Raíz 6 H	Mat Fresca Raíz Ram	Mat Seca Raíz Ram	Mat Fresca Raíz In Pan	Mat Sec Raí Pan	Mat Fresca Raíz Panoj	Mat Seca Raíz Panoj	Mat Fresca Raíz In Florac	Mat Seca Raíz In Florac	Mat Fresca Raíz Florac	Mat Seca Raíz Florac	Mat Fresca Raíz Grano Lech	Mat Seca Raíz Grano Lech	Mat Fresca Raíz Grano Past	Mat Seca Raíz Grano Past	Mat Fresca Raíz Mad Fisiol	Mat Seca Raíz Mad Fisol
1	101	T-1	Blanca Junin	SD	SD	0.004	0.0008	0.04	0.01	0.07	0.02	0.13	0.02	0.67	0.10	14.33	3.37	17.71	3.23	11.94	4.85	16.65	7.40	43.20	15.80	14.35	7.80
1	102	T-2	Killawaman	SD	SD	0.005	0.0008	0.05	0.01	0.03	0.01	0.12	0.02	0.60	0.07	13.13	2.80	11.50	3.23	15.53	3.53	17.05	13.25	19.70	7.10	18.45	8.10
1	103	T-3	Salcedo Inia	SD	SD	0.003	0.0005	0.02	0.01	0.05	0.01	0.10	0.01	0.57	0.06	4.30	1.10	6.97	2.80	8.33	1.67	10.5	2.50	4.20	1.35	5.10	1.55
1	104	T-4	Pasankalla	SD	SD	0.004	0.0008	0.05	0.01	0.06	0.01	0.09	0.01	0.67	0.10	3.68	0.80	4.53	0.83	4.20	2.22	7.25	1.55	3.00	1.40	5.40	1.60
2	201	T-2	Killawaman	SD	SD	0.004	0.0005	0.03	0.01	0.07	0.02	0.19	0.03	0.40	0.06	8.67	1.67	13.50	3.37	18.00	4.17	10.1	3.65	53.85	7.35	40.85	8.00
2	202	T-1	Blanca Junin	SD	SD	0.004	0.0007	0.10	0.02	0.06	0.01	0.15	0.02	0.37	0.06	12.23	2.20	18.50	4.20	13.05	5.60	11.5	13.10	15.35	7.05	22.35	11.10
2	203	T-4	Pasankalla	SD	SD	0.004	0.0009	0.05	0.01	0.07	0.02	0.11	0.02	0.67	0.08	3.77	0.77	3.13	0.67	11.30	2.23	12.3	3.15	6.75	2.20	16.40	3.70
2	204	T-3	Salcedo Inia	SD	SD	0.003	0.0006	0.03	0.01	0.05	0.01	0.17	0.03	0.33	0.05	9.05	2.13	7.90	1.57	17.23	3.17	11.1	2.30	10.65	3.80	13.80	4.35
3	301	T-2	Killawaman	SD	SD	0.002	0.0007	0.05	0.01	0.07	0.02	0.14	0.02	0.60	0.08	10.50	2.40	14.00	3.10	8.10	2.98	19.35	6.80	26.95	6.00	24.15	9.80
3	302	T-1	Blanca Junin	SD	SD	0.003	0.0006	0.04	0.01	0.06	0.02	0.15	0.03	0.57	0.08	12.13	2.20	16.92	3.37	15.27	4.10	12.5	4.80	22.75	9.10	16.95	6.85
3	303	T-3	Salcedo Inia	SD	SD	0.004	0.0008	0.02	0.01	0.06	0.01	0.13	0.02	0.30	0.05	7.97	1.73	9.40	5.60	14.53	2.27	11.6	2.35	12.95	10.10	12.30	3.75
3	304	T-4	Pasankalla	SD	SD	0.004	0.0008	0.04	0.01	0.07	0.02	0.14	0.02	0.87	0.10	3.73	1.17	7.70	1.87	11.60	2.20	11.7	4.90	7.85	2.60	6.95	1.95
4	401	T-1	Blanca Junin	SD	SD	0.004	0.0009	0.04	0.01	0.08	0.02	0.12	0.02	0.77	0.12	12.03	2.10	15.33	3.67	10.83	4.48	16.25	5.95	29.70	9.75	24.40	12.25
4	402	T-2	Killawaman	SD	SD	0.004	0.0007	0.04	0.01	0.06	0.01	0.16	0.03	1.03	0.20	10.13	1.83	13.87	3.17	13.00	2.80	20.35	6.60	25.40	8.00	17.50	7.75
4	403	T-4	Pasankalla	SD	SD	0.002	0.0007	0.06	0.01	0.06	0.01	0.20	0.04	0.77	0.07	3.50	1.23	7.83	3.93	12.83	2.21	14.15	3.20	6.45	2.20	16.90	4.85
4	404	T-3	Salcedo Inia	SD	SD	0.003	0.0007	0.03	0.01	0.05	0.01	0.10	0.02	0.50	0.07	8.10	2.60	8.77	2.00	17.83	2.72	13.15	3.70	7.95	3.20	15.30	4.50

Anexo 7: Formato resumen rendimiento de cosecha para la segunda época de siembra 25/12/2010

Parcela	Tratamiento	Número plantas promedio por m Lineal	Número plantas totales en los surcos centrales	Número panojas cosechadas totales en	Peso promedio de 03 panojas en campo (Kg.)	Peso promedio de granos de 03 panojas (kg)	Peso total de granos (Kg)	Peso de 1000 semillas (gr)	Peso seco área de 03 plantas (kgr)	Índice de cosecha (IC)	Area de cultivo (m2)/ parcela	area cosechada en los surcos centrales	Rdto (Kg/Ha)	Fecha de cosecha
101	Blanca Junín	26	257	205	0.068	0.053	2.614	3.492	0.172	0.305	28.8	9.6	2722.917	29/04/2011
102	Killahuamán	23	230	184	0.098	0.076	1.658	3.072	0.233	0.326	28.8	9.6	1727.083	24/04/2011
103	Salcedo Inia	14	140	112	0.035	0.017	0.901	2.941	0.063	0.269	28.8	9.6	938.542	05/04/2011
104	Pasancalla	14	143	115	0.035	0.009	0.751	2.991	0.052	0.179	28.8	9.6	782.292	11/04/2011
201	Killahuamán	25	250	200	0.063	0.049	1.662	3.284	0.148	0.329	28.8	9.6	1731.250	24/04/2011
202	Blanca Junín	22	223	179	0.051	0.040	2.589	3.308	0.126	0.316	28.8	9.6	2696.875	29/04/2011
203	Pasancalla	19	190	152	0.057	0.023	1.807	3.230	0.112	0.208	28.8	9.6	1882.292	11/04/2011
204	Salcedo Inia	21	207	165	0.058	0.045	1.623	3.048	0.137	0.331	28.8	9.6	1690.625	05/04/2011
301	Killahuamán	25	250	200	0.074	0.057	1.448	3.318	0.183	0.313	28.8	9.6	1508.333	24/04/2011
302	Blanca Junín	25	247	197	0.067	0.052	2.421	3.084	0.175	0.296	28.8	9.6	2521.875	29/04/2011
303	Salcedo Inia	20	203	163	0.043	0.034	1.510	3.443	0.110	0.305	28.8	9.6	1572.917	05/04/2011
304	Pasancalla	20	197	157	0.046	0.017	1.458	3.351	0.079	0.220	28.8	9.6	1518.750	11/04/2011
401	Blanca Junín	24	237	189	0.070	0.054	2.663	3.316	0.168	0.323	28.8	9.6	2773.958	29/04/2011
402	Killahuamán	23	230	184	0.081	0.062	2.414	3.144	0.201	0.310	28.8	9.6	2514.583	24/04/2011
403	Pasancalla	20	200	160	0.057	0.043	1.434	3.290	0.141	0.302	28.8	9.6	1493.750	11/04/2011
404	Salcedo Inia	21	213	171	0.045	0.035	1.413	2.745	0.124	0.284	28.8	9.6	1471.875	05/04/2011

Anexo 8: Medición de ETc del cultivo de quinua mes de noviembre y diciembre



LISIMETRO DE NIVEL FREÁTICO CONSTANTE

Distrito: **Ayacucho** Provincia: **Huamanga** Dpto: **Ayacucho**
 Latitud: **13°08'14"** Longitud: **74°13'14"** Altitud: **2 735 msnm**
 Cultivo: **Quinua** Variedad: **Blanca Junin** Siembra: **25/11/2010**
 Mes: **Nov - Dic** Año: **2010**

Día	Lectura (ml)		Reposición agua		Etc (ml)			Nivel Freático (cm)	Observación
	07:00 hr	19:00 hr	Li (ml)	Lf (ml)	Diurna	Nocturna	Total	19:00 horas	
25	0.0	1.6			1.6	0.8	2.4	62.0	siembra (36L)
26	2.4	3.8			1.4	1.6	3.0	64.2	
27	5.4	7.6			2.2	1.3	3.5	65.0	
28	8.9	9.2			0.3	2.2	2.5	67.7	
29	11.4	13.8			2.4	1.2	3.6	67.2	
30	15.0	16.8			1.8	1.6	3.4	65.2	
1	18.4	19.8			1.4	1.2	2.6	64.4	
2	21.0	22.6			1.6	2.6	4.2	64.0	
3	25.2	26.4			1.2	1.6	2.8	63.6	
4	28.0	28.6			0.6	3.4	4.0	62.8	
5	32.0	33.2			1.2	1.3	2.5	63.0	
6	34.5	37.0			2.6	0.4	3.0	62.6	
7	37.4	39.0			1.6	1.6	3.2	62.4	
8	40.6	42.4			1.8	1.4	3.2	62.0	
9	43.8	46.2	0.0	3.8	2.4	-46.2	6.2	63.3	
10	0.0	0.8			0.8	1.9	2.7	62.5	1° reposic (34L)
11	2.7	4.0			1.3	2.0	3.3	61.6	
12	6.0	6.8			0.8	1.0	1.8	61.2	
13	7.8	9.6			1.8	1.6	3.4	61.6	
14	11.2	13.4			2.2	1.2	3.4	61.0	
15	14.6	17.0			2.4	0.9	3.3	61.5	
16	17.9	19.8			1.9	2.0	3.9	64.2	
17	21.8	23.8			2.0	0.0	2.0	63.8	inundación
18	23.8	24.0			0.2	0.2	0.4	62.6	inundación
19	24.2	24.4			0.2	0.0	0.2	63.2	inundación
20	24.4	24.6			0.2	0.0	0.2	64.0	inundación
21	24.6	24.8			0.2	0.2	0.4	63.0	inundación
22	25.0	25.8			0.8	7.8	8.6	63.0	
23	33.6	41.2			7.6	1.6	9.2	65.8	
24	42.8	44.6	0.0	5.4	1.8	-44.6	7.2	63.5	
25	0.0	1.4			1.4	1.6	3.0	66.7	2° reposic (35L)
26	3.0	6.4			3.4	1.6	5.0	70.6	
27	8.0	10.5			2.5	1.5	4.0	65.0	
28	12.0	14.5			2.5	0.6	3.1	65.0	
29	15.1	16.0			0.9	1.2	2.1	65.0	
30	17.2	19.4			2.2	2.4	4.6	64.4	
31	21.8	23.0			1.2	3.4	4.6	64.8	

26.4 lectura o dato de las 07:00 horas del día 1ro del mes siguiente

Anexo 9: Medición de ETc del cultivo de quinua del mes de abril del 2011



LISIMETRO DE NIVEL FREÁTICO CONSTANTE

Distrito: **Ayacucho** Provincia: **Huamanga** Dpto: **Ayacucho**
 Latitud: **13°08'14"** Longitud: **74°13'14"** Altitud: **2 735 msnm**
 Cultivo: **Quinua** Variedad: **Blanca Junin** siembra: **25.11.2010**
 Mes: **Abril** Año: **2010**

Día	Lectura (ml)		Reposición agua		Etc (ml)			Nivel Freático (cm)	Obs
	07:00 hr	19:00 hr	Li(ml)	Lf(ml)	Diurna	Nocturna	Total	19:00 horas	
1	34.4	38.0			3.6	3.2	6.8	75.0	
2	41.2	45.6	0.0	4.4	4.4	-45.6	8.8	76.2	
3	0.0	5.2			5.2	4.0	9.2	73.6	18° repos (34L)
4	9.2	12.6			3.4	1.8	5.2	74.8	
5	14.4	17.8			3.4	2.4	5.8	76.0	
6	20.2	24.0			3.8	2.4	6.2	75.0	
7	26.4	31.2			4.8	2.4	7.2	75.0	
8	33.6	37.6			4.0	3.2	7.2	77.0	
9	40.8	45.2	0.0	4.8	4.4	-45.2	9.2	77.0	
10	0.0	4.2			4.2	3.6	7.8	74.5	19° repos (34L)
11	7.8	10.2			2.4	2.6	5.0	74.0	
12	12.8	14.6			1.8	2.6	4.4	74.0	
13	17.2	21.8			4.6	4.0	8.6	75.0	
14	25.8	29.0			3.2	4.0	7.2	75.0	
15	33.0	37.2			4.2	2.4	6.6	73.8	
16	39.6	44.2	0.0	5.8	4.6	-44.2	10.4	73.2	
17	0.0	3.6			3.6	2.2	5.8	73.6	20° repos (32L)
18	5.8	8.8			3.0	2.6	5.6	74.0	
19	11.4	15.0			3.6	2.6	6.2	74.0	
20	17.6	20.2			2.6	2.0	4.6	75.2	
21	22.2	26.4			4.2	1.6	5.8	72.8	
22	28.0	31.2			3.2	2.6	5.8	73.6	
23	33.8	37.4			3.6	3.2	6.8	73.0	
24	40.6	44.4	0.0	5.6	3.8	-44.4	9.4	74.0	
25	0.0	2.8			2.8	2.4	5.2	74.0	21° repos (33L)
26	5.2	7.8			2.6	2.4	5.0	76.2	
27	10.2	13.6			3.4	1.8	5.2	74.2	
28	15.4	18.0			2.6	1.8	4.4	75.0	
29	19.8	21.2			1.4	2.4	3.8	75.0	
30	23.6	27.2			3.6	2.8	6.4	73.6	
	30.0	lectura o dato de las 07:00 horas del día 1ro del mes siguiente							

Anexo 10: Tabla de temperatura máxima y mínima precipitación y ETc

Fecha	T máxima °C	T mínima °C	T media °C	Precipitación mm	ETc ml
25/11/2010	28.8	11.3	20.1	0.0	2.4
26/11/2010	21.6	10.8	16.2	2.2	3.0
27/11/2010	26.1	11.8	19.0	3.8	3.5
28/11/2010	24.9	10.3	17.6	2.6	2.5
29/11/2010	22.8	10.5	16.7	0.0	3.6
30/11/2010	26.8	11.6	19.2	0.0	3.4
01/12/2010	25.1	11.6	18.4	0.0	2.6
02/12/2010	28.9	10.7	19.8	5.0	4.2
03/12/2010	21.8	12.9	17.4	0.2	2.8
04/12/2010	18.4	10.2	14.3	5.2	4.0
05/12/2010	20.7	10.8	15.8	2.6	2.5
06/12/2010	25.6	11.4	18.5	1.8	3.0
07/12/2010	25.7	10.4	18.1	9.6	3.2
08/12/2010	24.2	11.1	17.7	0.2	3.2
09/12/2010	22.8	10.4	16.6	0.0	6.2
10/12/2010	25.2	12.5	18.9	8.8	2.7
11/12/2010	22.7	12.2	17.5	0.0	3.3
12/12/2010	23.5	11.7	17.6	2.0	1.8
13/12/2010	20.6	10.7	15.7	1.8	3.4
14/12/2010	21.0	9.7	15.4	0.0	3.4
15/12/2010	26.9	8.0	17.5	0.0	3.3
16/12/2010	25.0	11.0	18.0	0.6	3.9
17/12/2010	26.6	8.6	17.6	12.0	2.0
18/12/2010	19.7	11.1	15.4	0.0	0.4
19/12/2010	24.7	9.2	17.0	0.0	0.2
20/12/2010	25.4	11.6	18.5	0.2	0.2
21/12/2010	20.8	11.2	16.0	3.0	0.4
22/12/2010	24.9	11.6	18.3	6.0	8.6
23/12/2010	21.1	10.6	15.9	6.6	9.2
24/12/2010	19.6	11.4	15.5	0.6	7.2
25/12/2010	22.1	12.6	17.4	0.4	3.0
26/12/2010	23.4	11.1	17.3	8.8	5.0
27/12/2010	21.3	10.1	15.7	5.6	4.0

28/12/2010	24.2	11.8	18.0	0.2	3.1
29/12/2010	22.4	12.2	17.3	0.6	2.1
30/12/2010	22.6	11.4	17.0	1.4	4.6
31/12/2010	26.9	10.5	18.7	0.0	4.6
01/01/2011	26.8	9.5	18.2	0.0	10.0
02/01/2011	26.7	11.8	19.3	5.0	4.2
03/01/2011	25.6	11.6	18.6	3.6	9.4
04/01/2011	23.9	11.4	17.7	0.8	4.1
05/01/2011	23.6	9.3	16.5	0.6	5.4
06/01/2011	25.9	11.8	18.9	4.8	6.5
07/01/2011	22.1	10.8	16.5	6.4	4.4
08/01/2011	21.7	9.9	15.8	5.6	3.0
09/01/2011	24.8	12.9	18.9	0.0	5.0
10/01/2011	26.0	12.4	19.2	2.0	4.6
11/01/2011	22.2	11.4	16.8	6.6	7.0
12/01/2011	24.2	11.4	17.8	5.0	10.0
13/01/2011	18.9	12.2	15.6	1.2	3.8
14/01/2011	24.2	11.4	17.8	6.2	8.7
15/01/2011	23.1	10.7	16.9	9.6	5.9
16/01/2011	23.4	10.8	17.1	0.4	7.6
17/01/2011	27.8	9.7	18.8	0.4	9.0
18/01/2011	26.2	11.5	18.9	0.6	15.0
19/01/2011	26.2	10.9	18.6	0.6	8.4
20/01/2011	25.4	9.9	17.7	0.0	13.8
21/01/2011	24.8	10.6	17.7	6.8	11.6
22/01/2011	23.3	10.6	17.0	4.6	16.2
23/01/2011	20.8	9.3	15.1	10.4	8.6
24/01/2011	23.2	10.7	17.0	5.6	13.8
25/01/2011	21.1	9.7	15.4	6.8	11.0
26/01/2011	21.9	10.1	16.0	2.0	31.2
27/01/2011	20.1	11.2	15.7	6.8	13.6
28/01/2011	22.1	10.9	16.5	0.4	17.0
29/01/2011	22.2	11.5	16.9	9.6	19.4
30/01/2011	20.3	10.8	15.6	5.8	7.8
31/01/2011	17.7	12.4	15.1	3.6	7.2
01/02/2011	23.9	11.1	17.5	1.6	4.2
02/02/2011	22.6	11.7	17.2	3.4	5.8

03/02/2011	23.6	9.9	16.8	13.8	5.0
04/02/2011	22.4	11.7	17.1	0.2	4.6
05/02/2011	22.6	11.8	17.2	8.0	4.6
06/02/2011	15.2	10.2	12.7	2.0	3.8
07/02/2011	21.6	9.7	15.7	0.2	7.0
08/02/2011	18.9	12.4	15.7	0.8	10.6
09/02/2011	24.4	10.6	17.5	1.2	7.6
10/02/2011	21.8	10.4	16.1	14.0	14.0
11/02/2011	22.7	9.7	16.2	4.2	17.8
12/02/2011	23.0	10.8	16.9	13.8	14.4
13/02/2011	22.0	10.4	16.2	7.8	6.2
14/02/2011	17.2	10.4	13.8	5.0	3.8
15/02/2011	23.1	9.5	16.3	0.2	3.6
16/02/2011	25.0	11.2	18.1	0.0	5.2
17/02/2011	23.2	11.7	17.5	17.2	4.2
18/02/2011	19.0	10.0	14.5	14.6	3.6
19/02/2011	22.6	11.3	17.0	4.6	3.6
20/02/2011	21.5	9.8	15.7	4.2	5.4
21/02/2011	22.4	10.5	16.5	7.4	5.0
22/02/2011	21.1	10.3	15.7	7.4	4.8
23/02/2011	20.7	10.4	15.6	8.8	2.8
24/02/2011	22.2	10.2	16.2	7.6	4.4
25/02/2011	20.1	10.8	15.5	1.0	5.2
26/02/2011	23.4	10.9	17.2	0.4	4.8
27/02/2011	21.2	10.4	15.8	1.4	5.2
28/02/2011	26.2	8.6	17.4	18.4	6.0
01/03/2011	26.1	8.4	17.3	0.0	11.8
02/03/2011	26.0	7.4	16.7	0.0	12.4
03/03/2011	19.1	11.2	15.2	2.8	7.6
04/03/2011	22.8	11.4	17.1	0.0	10.6
05/03/2011	23.9	11.3	17.6	10.2	11.8
06/03/2011	25.1	10.8	18.0	4.8	7.6
07/03/2011	24.4	9.9	17.2	0.0	10.6
08/03/2011	19.4	11.6	15.5	5.8	9.0
09/03/2011	23.9	10.1	17.0	3.2	9.8
10/03/2011	25.0	11.3	18.2	0.0	20.6
11/03/2011	21.6	10.4	16.0	1.0	10.4

12/03/2011	22.6	9.8	16.2	4.0	10.0
13/03/2011	22.2	10.3	16.3	17.8	9.8
14/03/2011	22.3	9.7	16.0	2.6	19.8
15/03/2011	13.7	9.6	11.7	2.6	7.8
16/03/2011	23.6	10.3	17.0	0.4	8.2
17/03/2011	24.6	11.9	18.3	0.0	9.2
18/03/2011	23.0	10.9	17.0	4.6	10.4
19/03/2011	19.9	11.7	15.8	1.8	14.4
20/03/2011	21.9	11.2	16.6	0.6	8.2
21/03/2011	22.1	11.2	16.7	8.8	9.0
22/03/2011	21.7	11.6	16.7	3.6	6.6
23/03/2011	24.7	11.8	18.3	14.6	10.0
24/03/2011	22.6	11.3	17.0	6.8	8.4
25/03/2011	22.3	11.4	16.9	1.0	7.8
26/03/2011	22.2	11.4	16.8	0.6	5.2
27/03/2011	22.1	11.4	16.8	5.2	4.4
28/03/2011	23.3	10.8	17.1	0.2	5.4
29/03/2011	24.8	11.4	18.1	7.4	5.1
30/03/2011	18.8	10.9	14.9	0.6	6.9
31/03/2011	24.3	12.1	18.2	0.2	7.4
01/04/2011	24.6	12.1	18.4	1.4	6.8
02/04/2011	22.4	11.7	17.1	6.8	8.8
03/04/2011	24.0	11.7	17.9	0.0	9.2
04/04/2011	22.7	9.9	16.3	0.6	5.2
05/04/2011	23.4	10.6	17.0	0.2	5.8
06/04/2011	17.0	11.3	14.2	9.6	6.2
07/04/2011	22.9	11.4	17.2	5.4	7.2
08/04/2011	19.9	11.3	15.6	1.2	7.2
09/04/2011	20.7	10.8	15.8	9.8	9.2
10/04/2011	24.6	10.1	17.4	0.0	7.8
11/04/2011	25.3	8.4	16.9	0.4	5.0
12/04/2011	24.6	8.1	16.4	0.0	4.4
13/04/2011	26.6	6.4	16.5	0.0	8.6
14/04/2011	23.9	9.0	16.5	0.0	7.2
15/04/2011	19.7	8.5	14.1	0.0	6.6

Anexo 11: Panel fotográfico

Foto 01: Demarcación y surcado para la siembra de quinua



Foto 02: Siembra de cuatro variedades de quinua en INIA



Foto 03: Primer aporque en etapa de ramificación



Foto 04: Quinoa variedad Pasankalla afectada por el granizo del 17/12/2010



Foto 05: Evaluación fenológica de las cuatro variedades de quinua



Foto 06: Variedades de quinua de la primera época de siembra en estado lechoso



Foto 07: Estados fenológicos de la quinua en las dos épocas de siembra

1. Tanque lisimétrico	4. Sistema de lectura (pipeta 50 ml)
2. Tanque de control de nivel freático (TCNF)	5. Sistema de verificación del nivel freático (piezómetro)
3. Tanque alimentador de agua (TA)	6. Cultivo

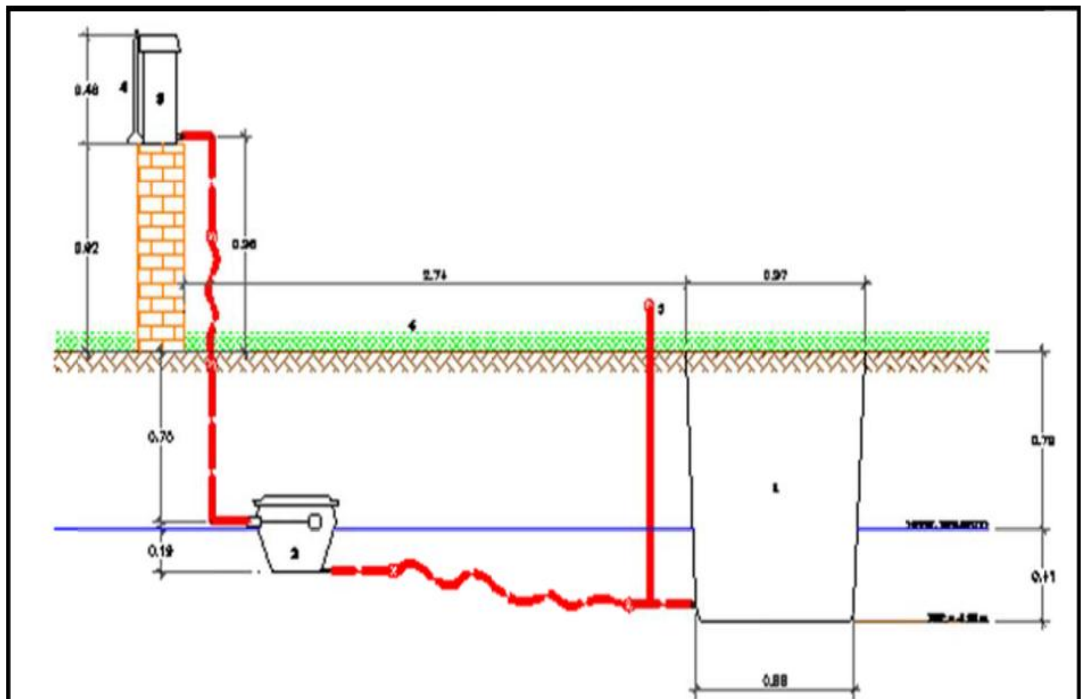


Foto 08: Esquema del lisímetro de nivel freático constante utilizado

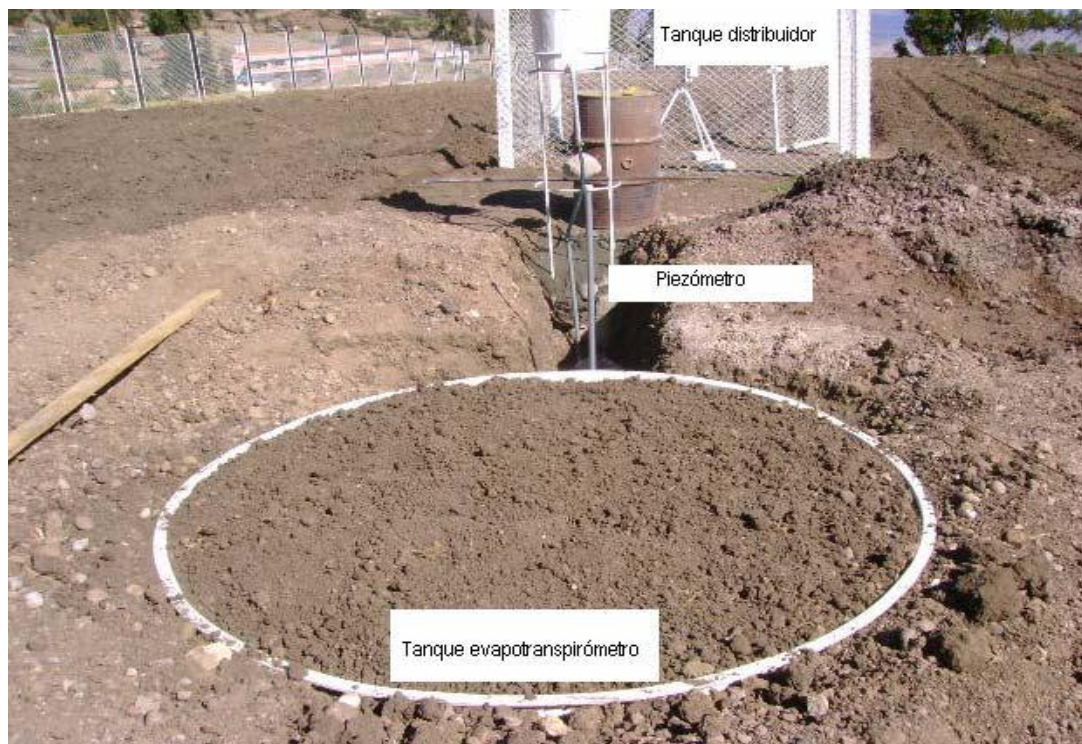


Foto 09: Lisímetro de nivel freático constante, al fondo y arriba el tanque alimentador, abajo el tanque de control de nivel freático, piezómetro y abajo adelante el tanque evapotranspirómetro



Foto 10: Evaluación de ETC de la Quinua variedad Blanca de Junín