

REQUERIMIENTO TERMICO DE LAS FASES FENOLÓGICAS DE DOS VARIEDADES DE QUINUA (*Chenopodium Quinoa Will*): PRECOZ Y TARDÍA EN EL DISTRITO DE AYACUCHO (Primera etapa)

Oscar Juan, Roque Siguas, Alex Tineo Bermúdez

Programa: ciencias histórico sociales
Área de investigación: geografía

RESUMEN

El presente trabajo se enfocó en determinar el requerimiento térmico o Constante térmica de las distintas fases fenológicas de dos variedades de quinua tanto tardía (“Blanca de Junín”), como precoz (“Pasankalla”), de tal manera desechar el paradigma que, *el periodo vegetativo de un cultivo está determinado por el número de días que dura dicho proceso* y cambiarlo por la sumatoria de grados de temperaturas acumuladas desde siembra hasta maduración fisiológica, conocidas como requerimiento térmico o Constante térmica del cultivo en cuestión.

El presente trabajo se llevó a cabo en un terreno aledaño a la Estación Meteorológica ubicado al interior de la Ciudad Universitaria propiedad de la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga, distrito de Ayacucho, Provincia de Huamanga, Departamento de Ayacucho, cuyas coordenadas geográficas son las siguientes: 13°08' Latitud Sur; 74° 13' Longitud Oeste y una altitud de 2772 m.s.n.m. El material genético consistió en dos variedades de quinua, “Pasankalla” (Precoz) y “Blanca de Junín” (Tardía) procedentes del INIA-Ayacucho concedidas por el Ing. Victoriano Núñez. Para la instalación del presente experimento se utilizó el diseño de Bloques Completos al Azar (DBCA) con dos variedades y seis épocas de siembra. (En dos campañas agrícolas diferentes 2019-2020 y 2020-2021). Las fases fenológicas consideradas fueron: (1) Emergencia; (2) Presencia de 6 hojitas verdaderas; (3) Inicio de ramificación; (4) Inicio de floración; (5) Plena floración; (6) Grano lechoso; y, (7) Maduración fisiológica.

Las observaciones de campo se realizaron solamente en dos repeticiones, y solo hasta la fase plena floración, sin evaluar las fases siguientes de grano lechoso y maduración fisiológica que se habían considerado como fases fenológicas. El análisis estadístico se realizó en planillas de Excel, a través de la aplicación de Polinomios Ortogonales, con la ayuda de una computadora.

Al aplicar el ANVA y la prueba de Tukey al 5%, del requerimiento de la constante térmica en las distintas fases fenológicas hasta plena floración de las dos variedades en estudio, encontramos (Cuadro N° 4), que existe un alto grado de asociación ($r=0.9773$) entre los requerimientos térmicos para las distintas fases fenológicas de la variedad precoz (“Pasankalla”), por lo que concluimos que el requerimiento térmico por las fases fenológicas entre ambas repeticiones de la “Pasankalla” son similares.

El coeficiente entre los requerimientos de temperatura de las distintas fases fenológicas hasta plena floración de la variedad tardía (“Blanca de Junín”) nos indica una alta relación matemática entre las fases. En este caso al igual que la variedad precoz; también es evidente que los requerimientos térmicos para las fases fenológicas entre ambas repeticiones son similares (Cuadro N° 5).

Al llevar a cabo el cálculo el coeficiente de correlación del requerimiento térmico entre ambas variedades de quinua (“Precoz” y “tardía”), hasta la fase fenológica plena floración encontramos que existe una baja relación matemática entre ambas variedades; y, por lo tanto es evidente que los requerimientos térmicos entre ambas variedades son diferentes (Cuadro N° 6).

En el grafico N° 2, se observa que el requerimiento térmico muestra diferencias marcadas entre las dos variedades en estudio a partir de la fase de 6 hojas verdaderas a inicio de ramificación, por lo que de esta manera también se muestra la precocidad de la variedad “Pasankalla” respecto a la variedad “Blanca de Junín”.

En lo concerniente al número de días requeridos por cada variedad para llegar a las fases fenológicas sucesivas, encontramos que la variedad “Pasankalla” (Precoz) llega a la fase de plena floración a los 78 días (880.25 grados días); mientras que la variedad “Blanca de Junín” (tardía) llega a esta misma fase fenológica a los 93.5 días con una acumulación de 1045.3 grados días.

Palabras claves: Constante térmica, quinua pasankalla, Blanca de Junin.

REQUERIMIENTO TERMICO DE LAS FASES FENOLÓGICAS DE DOS VARIEDADES DE QUINUA (*Chenopodium Quinoa Will*): PRECOZ Y TARDÍA EN EL DISTRITO DE AYACUCHO (Primera etapa)

ABSTRACT

The present work focused on determining the thermal requirement or thermal constant of the different phenological phases of two varieties of quinoa, both late (“Blanca de Junín”) and early (“Pasankalla”), in such a way as to discard the paradigm that, *The vegetative period of a crop is determined by the number of days that this process lasts and changing it by the sum of degrees of accumulated temperatures from sowing to physiological maturation, known as the thermal requirement or the thermal constant of the crop in question.*

The present work was carried out in a field near the Meteorological Station located inside the University City owned by the National University of San Cristóbal de Huamanga, district of Ayacucho, Province of Huamanga, Department of Ayacucho, whose geographical coordinates are as follows. Following: 13 ° 08' South Latitude; 74 ° 13' West longitude and an altitude of 2772

m.s.n.m. The genetic material consisted of two varieties of quinoa, "Pasankalla" (Early) and "Blanca de Junín" (Late) from INIA-Ayacucho granted by Ing. Victoriano Núñez.

For the installation of the present experiment, the design of Complete Random Blocks (DBCA) with two varieties and six planting seasons was used. (In two different agricultural seasons 2019-2020 and 2020-2021). The phenological phases considered were: (1) Emergence; (2) Presence of 6 true leaves; (3) Start of branching; (4) Start of flowering; (5) Full bloom; (6) Milky grain; and, (7) Physiological maturation.

Field observations were made only in two replications, and only until the full flowering phase, without evaluating the subsequent phases of milky grain and physiological maturation that had been considered as phenological phases. The statistical analysis was carried out in Excel spreadsheets, through the application of Orthogonal Polynomials, with the help of a computer.

When applying the ANVA and the Tukey test at 5%, of the requirement of the thermal constant in the different phenological phases until full flowering of the two varieties under study, we found (Table N° 4), that there is a high degree of association ($r = 0.9773$) between the thermal requirements for the different phenological phases of the early variety ("Pasankalla"), for which we conclude that the thermal requirements for the phenological phases between both repetitions of the "pasakalla" are similar.

The coefficient between the temperature requirements of the different phenological phases until full flowering of the late variety ("Blanca de Junín") indicates a high mathematical relationship between the phases. In this case, like the early variety; It is also evident that the thermal requirements for the phenological phases between both repetitions are similar (Table N° 5).

When carrying out the calculation of the correlation coefficient of the thermal requirement between both varieties of quinoa ("Early" and "late"), up to the full flowering phenological phase, we find that there is a low mathematical relationship between both varieties; and, therefore, it is evident that the thermal requirements between both varieties are different (Table N° 6).

In graph N° 2, it is observed that the thermal requirement shows marked differences between the two varieties under study from the phase of 6 true leaves at the beginning of branching, so in this way the precocity of the variety is also shown. "Pasankalla" compared to the "Blanca de Junín" variety.

Regarding the number of days required by each variety to reach the successive phenological phases, we find that the variety "Pasankalla" (Early) reaches the full flowering phase at 78 days (880.25 degree days); while the variety "Blanca de Junín" (late) reaches this same phenological phase at 93.5 days with an accumulation of 1045.3 degree days.

Keywords: Thermal constant, quinoa pasankalla, Blanca de Junin.

INTRODUCCIÓN

Hoy en día ya, para nadie es un secreto la presencia negativa del calentamiento global, con el calentamiento se está produciendo un incremento de la gradiente térmica en función de la altitud en nuestra cordillera tropical, por lo que el Perú es uno de 10 países más vulnerables al cambio climático, pues presenta siete de las nueve características de vulnerabilidad reconocidas por la Convención marco de las Naciones Unidas sobre el cambio Climático¹.

El cambio climático está impulsando a nuevos paradigmas de planificación y desarrollo orientado a diseñar nuevas políticas regionales sobre la producción agropecuaria. Entonces nos urge determinar los requerimientos de la constante térmica que se define como la cantidad de grados necesarios de temperatura para finalizar un determinado proceso de desarrollo o fase fenológica²; y poder minimizar o mitigar los efectos nocivos de este calentamiento sobre nuestros organismos nativos.

La temperatura controla la tasa de crecimiento de muchos organismos, los mismos que requieren la acumulación de cierta cantidad de calor para pasar de un estadio a otro en su ciclo de vida².

La temperatura es una de las principales fuerzas impulsoras para el crecimiento y el desarrollo de los cultivos; esta dependencia de los cultivos en la manifestación de sus distintas fases fenológicas a los elementos climáticos es estudiada por la fenología³.

Los profesionales del campo con frecuencia utilizan al tiempo calendario para la predicción de las fases de crecimiento y desarrollo de los cultivos, sin embargo consideramos que el método apropiado es el que nos brinda la fenología para la predicción de dicho desarrollo fenológico consistente en la acumulación de temperatura media diaria por encima de la temperatura base, también conocida como cero de dicho cultivo. En un lugar dado el periodo entre la

siembra y la cosecha no es un número específico de días sino más bien una adición de unidades de energía, la que puede estar representada como grados-días³.

Dentro de este contexto nos propusimos llevar a cabo el presente trabajo de investigación titulado "Requerimiento térmico de las fases fenológicas de dos variedades de quinua (*Chenopodium quinoa willd.*): precoz y tardía en el distrito de Ayacucho" en dos campañas agrícolas 2019-20 y 2020-21.

El objetivo principal fue determinar el requerimiento térmico (Constante térmica) para cada fase fenológica de dos variedades de quinua, una "precoz" (Pasankalla) y la otra "Tardía" (Blanca de Junín), así como también las diferencias de requerimiento térmico entre las variedades en estudio.

Formulando la Hipótesis general: "La diferencia del Requerimiento Térmico determina las fases fenológicas de dos variedades de Quinua (*Chenopodium quinoa W.*): "precoz" y "tardía", y no así la sumatoria de días desde emergencia a maduración fisiológica"

MATERIALES Y MÉTODOS

Material genético.

El material genético consistió en dos líneas promisorias de quinua, *Chenopodium quinoa W.* "Pasankalla" (Precoz) y "Blanca de Junín" (Tardía) procedentes del INIA-Ayacucho concedidas por el Ing. Victoriano Núñez. Las fases fenológicas consideradas fueron: (1) Emergencia; (2) Presencia de 6 hojitas verdaderas; (3) Inicio de ramificación; (4) Inicio de floración; (5) Plena floración; (6) Grano lechoso; y, (7) Maduración fisiológica.

Este experimento se llevó a cabo en un terreno ubicado en el interior de la Ciudad Universitaria de la U.N.S.C.H. (Figura 3). Cuyas coordenadas geográficas del sitio son:

Latitud: 13° 08'; Longitud: 74° 13' W; y Altitud: 2772

msnm.

La temperatura media anual para Ayacucho es de 16.2 °C, con una máxima media anual igual a 24.0 °C; y, una mínima media anual igual a 8.4 °C; siendo los meses de verano los más calurosos, y el periodo más frío correspondiente a los meses de junio y julio. Presentándose algunos días con heladas invernales. La precipitación total anual es de 572.9 mm, siendo los meses de octubre a marzo cuando se presentan las lluvias con más frecuencia y abundancia⁴.

Con el propósito de establecer la interrelación de las fases fenológicas con la variable meteorológica se tomó la información de la Estación Climatológica Ordinaria (CO) ubicada al interior de la Ciudad Universitaria (figuras N° 2, y 3), los datos fueron las temperaturas tanto la máxima como la mínima, que se registraron en forma diaria, utilizando los termómetros de máxima y mínima respectivamente los cuales se encuentran instalados al interior de una caseta meteorológica a la altura de 1.20 metros sobre el nivel del suelo, para luego obtener una temperatura media diaria, valor al que se le resta 7.0°C (temperatura 0° de la quinua)⁵, y cada resultado diario de esta operación se irán sumando y acumulando (Constante Térmica) a partir de la fase de emergencia para todas y cada fase fenológica siguientes.

Según Reamur (en Valdivia), la Constante térmica significa que, si desde el momento de la emergencia se suma la temperatura media de cada día hasta el momento de madurez,

la suma total siempre es la misma (temperatura fija para cada vegetal), cualquiera haya sido la ubicación del cultivo y el año considerado. Para la obtención de la constante térmica se utilizó el método residual⁵.

Para el caso de la quinua es la sumatoria de las temperaturas medias diarias menos 7.0 °C que es considerada la temperatura “cero” de la quinua, conceptualmente la temperatura cero o temperatura base es a la cual el desarrollo se detiene debido al frío.

Según Apaza⁶, la quinua en condiciones de altiplano y valles interandinos el cultivo tolera rangos de temperatura que van de 4°C hasta 17°C.

Para nuestro trabajo las constantes térmicas se tomaron cuando el 80% del total de plantas de cada parcela presentaban la respectiva característica de la fase en estudio.

El tipo de diseño experimental que se utilizó fue el de bloque Completos al Azar (DBCA).

El análisis estadístico del presente trabajo de investigación, se realizó mediante análisis de variancia, prueba de Tukey y regresión lineal simple.

El análisis de variancia, consiste en la evaluación de la prueba de F para la hipótesis correspondiente, según el modelo estadístico experimental y el análisis de regresión lineal simple, donde se aplicó el nivel de significación de $\alpha = 0.05$, para el F tabular; de igual manera la prueba de Tukey se realizó con nivel de significación de $\alpha = 0.05$.

Tabla N° 1. Características del experimento.

Numero de variedades	2
Numero de fechas diferentes de siembra	3
Numero de fases fenológicas	7
Número de unidades experimentales	6
Tamaño de las parcela: 4 x 3 mts	12 mts
Área neta del ensayo	60 mts ²
Numero de surcos por parcelas	4

RESULTADOS

Como consecuencia de la pandemia que nos está asolando, no se ha podido completar la observación en el campo de las

fases fenológicas como son grano lechoso y maduración fisiológica de granos; así como la producción de granos por hectárea.

4.1. Evaluación de la Constante Térmica para las distintas fases fenológicas

Cuadro N° 1 REQUERIMIENTO TERMICO (Constante térmica) POR CADA REPETICION DE LA VARIEDAD PRECOZ Y TARDIA DE LA QUINUA (*Chenopodium quinoa* Willd)

	P R E C O Z		T A R D I A	
	Repetic. I	Repetic. II	Repetic. I	Repetic. II
Emergencia	110.3	112.2	110.3	112.2
6 hojitas. verdaderas	257.9	252.4	296.7	321.9
Inicio Ramificación	563.35	556.4	700.6	713.85
Inicio floración	700.6	725.95	870.25	878.95
Plena floración	870.25	890.25	1036.4	1054.20
Grano lechoso	1218.30	1227.5	1559.45	s/d

Cuadro N° 2 REQUERIMIENTO DE NUMERO DE DIAS POR CADA FASE FENOLOGICA DE LA VARIEDAD PRECOZ Y TARDIA DE LA QUINUA (*Chenopodium quinoa* Willd)

	P R E C O Z		T A R D I A	
	Repetic. I	Repetic. II	Repetic. I	Repetic. II
Emergencia	5	5	5	5
6 hojitas. verdaderas	21	22	24	29
Inicio Ramificación	47	50	60	65
Inicio floración	60	66	75	80
Plena floración	75	81	91	96
Grano lechoso	107	111	138	s/d

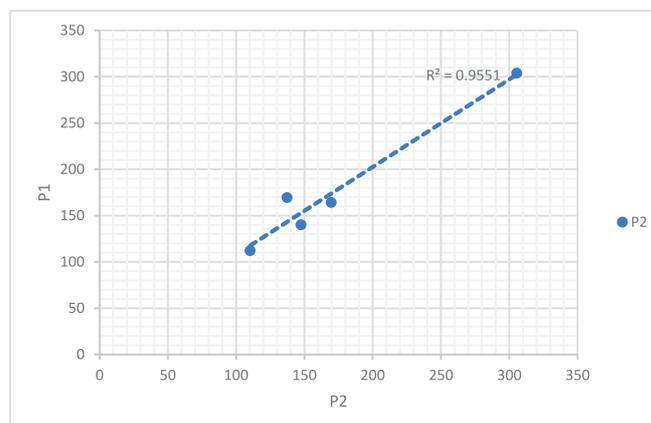
Cuadro N° 3 NUMERO DE DIAS PROMEDIO REQUERIDOS POR CADA FASE FENOLOGICA DE LAS VARIEDADES PRECOZ Y TARDIA DE LA QUINUA (*Chenopodium quinoa* W)

Fase fenológica	P r e c o z	T a r d i a
Emergencia	5	5
6 hojitas verdaderas	21.5	26.5
Inicio ramificación	48.5	62.5
Inicio floración	63	77.5
Plena floración	78	93.5
Grano lechoso	109	s/d
Maduración fisiológica	s/d	s/d

Cuadro N° 4 CÁLCULO DEL COEFICIENTE DE CORRELACION ENTRE LAS TEMPERATURAS REQUERIDAS POR LAS DIFERENTES FASES FENOLOGICAS DE LA VARIEDAD PRECOZ “PASANKALLA”

FASES	I repetit	II repetit	Desviación de las medias				
			X	Y	XY	X ²	Y ²
Emergencia	110.3	112.2	-92.75	-92.38	8568.245	8602.56	8534.06
6 Hojit. Verd	147.6	140.2	-55.45	-64.38	3569.871	3074.70	4144.78
Inic. Ramif	305.45	304.0	102.4	99.42	10180.608	10485.76	9884.34
Inic. Florac	137.25	169.55	-65.8	-35.03	2304.974	4329.64	1227.10
Plena Florac	169.65	164.3	-33.4	-40.28	1345.352	1115.56	1622.48
Grano lechos.	348.05	337.25	145	132.67	19237.15	21025	17601.33
Suma	1218.30	1227.50			45206.2	48633.22	43014.09
Media	203.05	204.58					

Grafico N° 1. Grado de asociación entre los requerimientos térmicos para las diferentes fases fenológicas en ambas repeticiones de quinua en las condiciones climáticas de Ayacucho.



Existe un alto grado de asociación ($r=0.9773$) entre los requerimientos térmicos para las diferentes fases fenológicas en ambas repeticiones.

Coefficiente de correlación

$$r = \frac{\sum xy}{\sqrt{x^2 \cdot y^2}} = \frac{45206.2}{\sqrt{48633.22 \times 43014.09}}$$

$$r = 0.9884$$

Error probable del coeficiente de correlación

$$e = \pm 0.6745 \times \frac{1 - r^2}{\sqrt{N}} = \pm 0.6745 \times \frac{1 - (0.9884)^2}{\sqrt{6}} = \pm 0.6745 \times \frac{0.0231}{2.4495}$$

$$e = \pm 0.6745 \times 0.00943$$

$$e = 0.0064$$

$$r = 0.9884 \pm 0.0064$$

El coeficiente de correlación entre las dos series de datos es de 154.4 veces mayor que el “Error probable” lo cual indica una alta relación matemática entre ellas.

Por lo tanto es evidente que los requerimientos de temperatura por las fases fenológicas entre ambas repeticiones son similares.

Cuadro N° 5. CÁLCULO DEL COEFICIENTE DE CORRELACION ENTRE LAS TEMPERATURAS REQUERIDAS POR LAS DIFERENTES FASES FENOLOGICAS DE LA VARIEDAD TARDIA “BLANCA DE JUNIN”

FASES	I repetic	II repetic	Desviación de las medias				
			X	Y	XY	X ²	Y ²
Emergencia	110.3	112.2	-96.98	-98.64	9566.11	9405.12	9729.85
6 Hojit. verd	186.4	209.7	-20.88	-1.14	3.28	435.97	1.30
Inic. Ramif	403.9	391.95	196.62	181.11	35609.85	38659.42	32800.83
Inic. Florac	169.65	165.1	-37.63	-45.74	1721.20	1416.02	2092.15
Plena florac.	166.15	175.25	-41.13	-35.59	1463.82	1691.68	1266.65
Grano lechos.	s/d	s/d					
Suma	1036.4	1054.2			48364.26	51608.21	45890.78
Media	207.28	210.84					

Coefficiente de correlación

$$r = \frac{\sum xy}{\sqrt{x^2 \cdot y^2}} = \frac{48364.26}{\sqrt{51608.21 \times 45890.78}}$$

$$r = 48364.26 / \sqrt{2368341011}$$

$$r = 48364.26 / 48665.60$$

$$r = 0.9938$$

Error probable del coeficiente de correlación

$$e = \pm 0.6745 \times \frac{1 - r^2}{\sqrt{N}} = \pm 0.6745 \times \frac{1 - (0.9938)^2}{\sqrt{5}} = \pm 0.6745 \times \frac{0.0055231}{2.2361}$$

$$e = \pm 0.6745 \times 0.0055231$$

$$e = 0.003725$$

$$r = 0.9938 \pm 0.0037$$

El coeficiente de correlación entre las dos series de datos es de 266.8 veces mayor que el “Error probable” lo cual indica una alta relación matemática entre ellas.

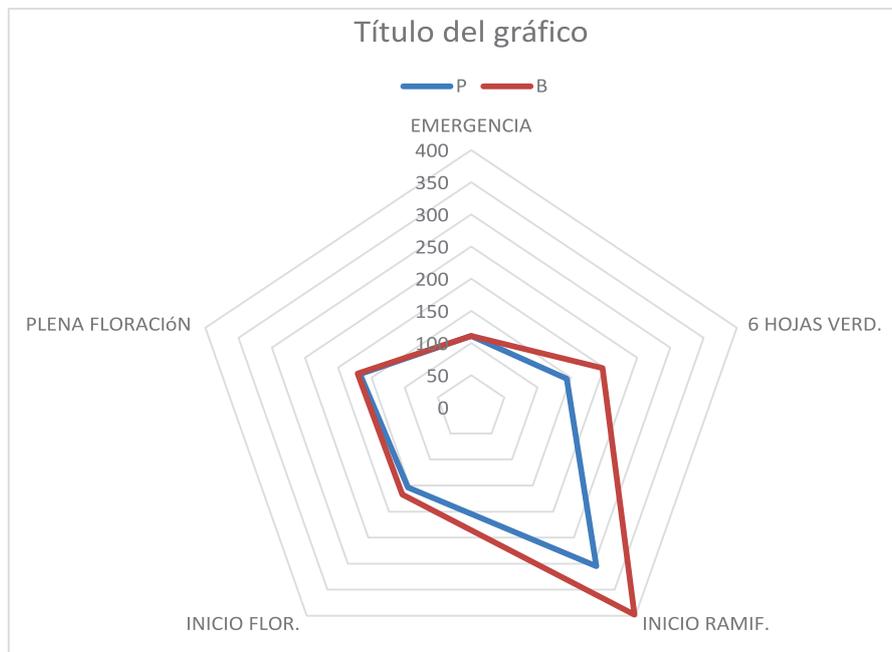
En este caso al igual que la variedad precoz, también es evidente que los requerimientos térmicos por las fases fenológicas entre ambas repeticiones son similares.

Cuadro N° 6. CÁLCULO DEL COEFICIENTE DE CORRELACION DEL REQUERIMIENTO TERMICO DE LAS DIFERENTES FASES FENOLOGICAS ENTRE LAS VARIEDADES PRECOZ y TARDIA

Por no haberse podido observar la fase de grano lechoso en la variedad tardía, no se ha completado y comparado las fases en estudio.

FASES	Precoz	Tardía	Desviación de las medias				
			X	Y	XY	X ²	Y ²
Emergencia	111.25	111.25	-64.854	97.81	6343.369	4206.04	9566.80
6 Hojitas. verd	143.90	198.05	-32.204	-11.01	354.66	1037.10	121.22
Inicio Ramif	304.72	397.92	128.616	188.86	24290.418	16542.075	35668.10
Inicio Florac	153.65	167.38	-22.454	-41.68	935.88	504.18	1737.22
Plena florac	167.00	170.70	-9.104	-38.36	349.229	82.883	1471.49
Grano lechoso.							
Suma	880.52	1045.30			32273.524	22372.28	48564.83
Media	176.104	209.06					

Grafico N° 2. Comparativo de la Distribución del requerimiento térmico entre la variedad Precoz y la variedad tardía de Quinua en las condiciones climáticas de Huamanga – Ayacucho



El requerimiento térmico muestra diferencias marcadas entre las dos variedades a partir de la fase de 6 hojas verdaderas a inicio de ramificación; Por lo que de esta manera se manifiesta la precocidad de la Pasankalla respecto a la variedad blanca Junín.

Coefficiente de correlación

$$r = \frac{\sum xy}{\sqrt{\sum x^2 \cdot \sum y^2}} = \frac{32273.524}{\sqrt{22372.28 \times 48564.83}}$$

$$r = \frac{32273.524}{\sqrt{1086505975}}$$

$$r = \frac{32273.524}{32962.19}$$

r = 0.97911

Error probable del coeficiente de correlación

$$e = \pm 0.6745 \times \frac{1-r^2}{\sqrt{N}} = \pm 0.6745 \times \frac{1-(0.97911)^2}{\sqrt{5}} = \pm 0.6745 \times \frac{1-0.95865}{2.23607}$$

$$e = \pm 0.6745 \times 0.01849$$

e = 0.0125

$$r = 0.97911 \pm 0.0125$$

El coeficiente de correlación entre el requerimiento de temperatura (constante térmica) entre las fases fenológicas de las dos variedades es de 78 veces mayor que el “error probable, lo cual indica una baja relación matemática entre

variedades.

Por lo tanto es evidente que los requerimientos térmicos entre ambas variedades son diferentes.

Cuadro N° 7 ESTADO FENOLÓGICO, DÍAS Y GRADOS-DÍAS DE DOS VARIEDADES DE QUINUA (*Chenopodium quinua* W) EN LAS CONDICIONES CLIMÁTICAS DE AYACUCHO a 2772 msnm.

ESTADO	Variedad “Pasankalla”		Variedad “Blanca de Junin”	
	Días	Grados-día (°C)	Días	Grados-día (°C)
Emergencia	5	111.25	5	111.25
6 hojas verdaderas	21.5	225.15	26.5	309.30
Inicio ramificación	48.5	559.88	62.5	707.22
Inicio floración	63	713.28	77.5	874.60
Plena floración	78	880.25	93.5	1045.30
Grano lechoso	s/d		s/d	
Madurez fisiológica	s/d		s/d	

En el cuadro anterior, se tiene 5 estados fenológicos de las variedades de quinua “Pasankalla” (precoz) y “Blanca de Junin” (tardía), estos estados fenológicos se cumplen en número de días después de la siembra, y están en función de los grados días, que es la acumulación de temperaturas medias diarias sobre un mínimo de 7°C. La variedad “Pasankalla” llega a la fase fenológica de plena floración a los 78 días con 880.25 grados días; mientras que la “blanca de Junin” llega a esta misma fase fenológica a los 93.5 días con una acumulación de 1045.3 grados días.

DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS

De la Constante térmica

Cada fase del desarrollo requiere un mínimo de acumulación de temperatura para llegar a su término y que la planta pueda pasar a la fase siguiente. En efecto la planta “mide” la temperatura cada día y agrega el promedio de ese día a un total requerido para esa fase. Este total se llama Constante térmica o suma de calor y las unidades térmicas son grados/días (°GD).

De la temperatura cero.

Conceptualmente, la temperatura cero es la temperatura a la cual el desarrollo se detiene debido al frío. Según Apaza⁶, la quinua en condiciones de altiplano y valles interandinos el cultivo tolera rangos de temperatura que van de 4°C hasta 17°C.

Salazar, utilizo como temperatura cero (T° 0) 10°C “porque es la temperatura base del maíz y este cultivo crece en asociación con la quinua” en el callejón de Huaylas (Ancash); Salinas citado por Quillatupa⁵ en el altiplano de Chile a unos 3800 msnm, en la localidad de Ancovinto-Tarapacá determino los siguientes valores de unidades de calor: a emergencia: 72.5 G.D; a primer par de hojas verdaderas, 139.5 G.D; panojamiento: 441.5 G.D; a inicio de floración: 534.0 G.D; a floración plena: 596.5 G.D; a grano pastoso: 1161.5 G.D; a maduración fisiológica: 1243.5 G.D; para esto utilizaron variedades locales de quinua. Quillatupa⁵, para 16 genotipos de quinua, bajo la condición de la Costa Central, en la Molina – Lima, utilizo 7° C como

temperatura cero (temperatura base), por ser la temperatura mínima promedio del centro de origen de la quinua (Altiplano Peruano-Boliviano) esto lo menciona como una comunicación personal de Mario Tapia⁶. Mendoza⁷, reporta: La acumulación de unidades de calor para cada fase fueron: germinación: 44.32; desarrollo vegetativo 316.29; ramificación 269.32 (requerimiento para empezar la fase), desarrollo de botón floral: 443.36; desarrollo de la inflorescencia 623.5; floración: 864.21; antesis: 1220.28; grano acuoso: 1219.14; grano lechoso: 1441.14 y grano pastoso 1804.29°C.

Nosotros tomando en consideración a los profesionales especialista en el manejo de la quinua, hemos considerado y utilizado como temperatura cero 7°C; así mismo hemos coincidido en algunos requerimientos de la constante térmica con los obtenidos por Quillatupa; así tenemos que la variedad precoz (Pasankalla) para las condiciones climáticas de Huamanga – Ayacucho ha requerido los siguientes valores para las distintas fases fenológicas consideradas: de siembra a emergencia 111.25°C; a presencia de 6 hojitas verdaderas: 255.15 °C; a inicio de ramificación: 559.87 °C; a inicio de floración: 713.52 °C; a plena floración: 880.25 °C; a grano lechoso: 1218.3°C. Los valores reportados son el promedio de dos repeticiones.

Para el caso de la variedad tardía (Blanca de Junin), obtuvimos los siguientes valores del requerimiento térmico: de siembra a emergencia 111.25°C; a presencia de 6 hojitas verdaderas: 309.3°C; a inicio de ramificación: 707.22°C; a inicio de floración: 874.6°C; a plena floración: 1045.3°C. No se pudo completar la observación de campo la fase de presencia de grano lechoso. Los valores reportados son el promedio de dos repeticiones.

CONCLUSIONES

El calor es un factor muy importante para cada fase del desarrollo, requiriendo un mínimo de acumulación de temperatura para llegar a su término y que la planta pueda pasar a la fase siguiente.

A nivel de campo no se ha podido terminar con precisión las distintas fases fenológicas reportadas en la literatura especializada para esta especie vegetal, por lo que evaluamos las fases propuestas por nosotros.

Al aplicar el ANVA y la prueba de Tukey al 5%, del requerimiento de la constante térmica en las distintas fases fenológicas (5 de 7 propuestas) en dos épocas de siembra de las 6 propuestas en el respectivo proyecto de investigación de las dos variedades en estudio, encontramos (Cuadro N° 4), que existe un alto grado de asociación ($r= 0.9773$) entre los requerimientos térmicos para las distintas fases fenológicas entre ambas repeticiones de la variedad precoz (Pasankalla), por lo que concluimos que el requerimiento térmico por las fases fenológicas entre ambas repeticiones de la “pasankalla” son similares.

El coeficiente entre los requerimientos de temperatura de las distintas fases fenológicas de la variedad tardía (“Blanca de Junín”) nos indica una alta relación matemática entre las fases. En este caso al igual que la variedad precoz; también es evidente que los requerimientos térmicos para las fases fenológicas entre ambas repeticiones son similares (Cuadro N° 5).

Al llevar a cabo el cálculo el coeficiente de correlación del requerimiento térmico entre ambas variedades de quinua (“Precoz” y “tardía”), hasta la fase fenológica plena floración encontramos que existe una baja relación matemática entre ambas variedades; y, por lo tanto es evidente que los requerimientos térmicos entre ambas variedades son diferentes (Cuadro N° 6).

En el gráfico N° 5, se observa que el requerimiento térmico muestra diferencias marcadas entre las dos variedades en estudio a partir de la fase de 6 hojas verdaderas a inicio de ramificación, por lo que de esta manera también se muestra la precocidad de la variedad “Pasankalla” respecto a la variedad “Blanca de Junín”.

En lo concerniente al número de días requeridos por cada variedad para llegar a las fases fenológicas sucesivas, Vasquez⁸ reporta que la variedad Pasankalla demora 9 días para emergencia, 85 días para inicio de panojamiento, 116 días para floración y 144 días para llegar a maduración fisiológica; nosotros encontramos que la variedad “Pasankalla” (Precoz) llega a la fase de plena floración a los 78 días (880.25 grados días); mientras que la variedad “Blanca de Junín” (tardía) llega a esta misma fase fenológica a los 93.5 días con una acumulación de 1045.3 grados días.

AGRADECIMIENTO

A la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga, prestigiosa “Alma Mater” y la Facultad de Ciencias Sociales, por ser uno de sus miembros. Así mismo por haberme permitido el uso de la Estación meteorológica sin la cual no se hubiera llevado a cabo el presente trabajo, así como otros trabajos de investigaciones que he realizado durante mis 40 años de servicio a la misma.

A mi coautor del presente trabajo Mg. Alex Tineo Bermúdez por haberme apoyado incondicionalmente en el logro de este y otros trabajos de investigación.

Mis agradecimientos a todas aquellas personas, compañeros que directa o indirectamente han contribuido a la materialización del presente trabajo.

REFERENCIA BIBLIOGRÁFICO

1. IPCC (Grupo intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático). (2007). Cambio climático 2007 informe de síntesis. Ginebra 2, Suiza.
2. Soto F, Plana R, Hernández N. Influencia de la temperatura en la duración de las fases fenológicas del trigo harinero (*Triticum aestivum* ssp, *aestivum*) y triticale (*Triticum secale wittmark*) y su relación con el rendimiento. *Cultrop* 2009; 30(3): 32-36.
3. Valdivia, J. (1977). *Meteorología General*. Edit. Universidad Nacional de San Marcos. Lima – Perú.
4. Roque, O. (2019). Diferencias de la constante térmica en las fases fenológicas de dos variedades de amaranto (*Amaranthus caudatus*. L): precoz y tardía en la microcuenca del distrito de Ayacucho. Tesis para optar el grado de Doctor. Universidad Nacional de Huancavelica. Huancavelica-Perú.
5. Quillatupa, C. (2009). Caracterización de las fases fenológicas, determinación de unidades de calor y rendimiento de 16 genotipos de quinua (*Chenopodium quinoa willd*) en condiciones de la Molina. Lima – Perú.
6. Apaza, V., Cáceres, G., Estrada, R., Pineda, R. (2013). Catálogo de variedades comerciales de quinua en el Perú. Ed. JB Grafic E. I. R. L.: Lima-Perú.
7. Tapia, M. MINAG-ANPE.UNALM, CONCYTEC Lima, Perú. 2012. En <https://docplayer.es/29890309-La-historia-de-la-quinua.html>
8. Mendoza, V. (2013). Comparativo de accesiones de quinua (*Chenopodium quinoa willd*) en condiciones de costa central para optar el título de Ingeniero Agrónomo. Universidad Nacional Agraria La Molina. Facultad de Agronomía. Lima – Perú. <http://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/UNALM/1778/F01.M455.T.pdf?sequence=1>.
9. Vásquez, W. (2017). Estudio comparativo en rendimiento de quinua variedad INIA 415 pasankalla (*Chenopodium quinoa*). con seis niveles de fertilización sintético en la localidad Cocairo – kaquiabamba – Andahuaylas. Tesis para optar el título profesional de Ingeniero Agrónomo. Universidad Tecnológica de los Andes. Facultad de Ingeniería. Escuela Profesional de Agronomía. Abancay – Perú.

ANEXO

ig



Fig. 1
Región Ayacucho



Fig. 2. Provincia de Huamanga

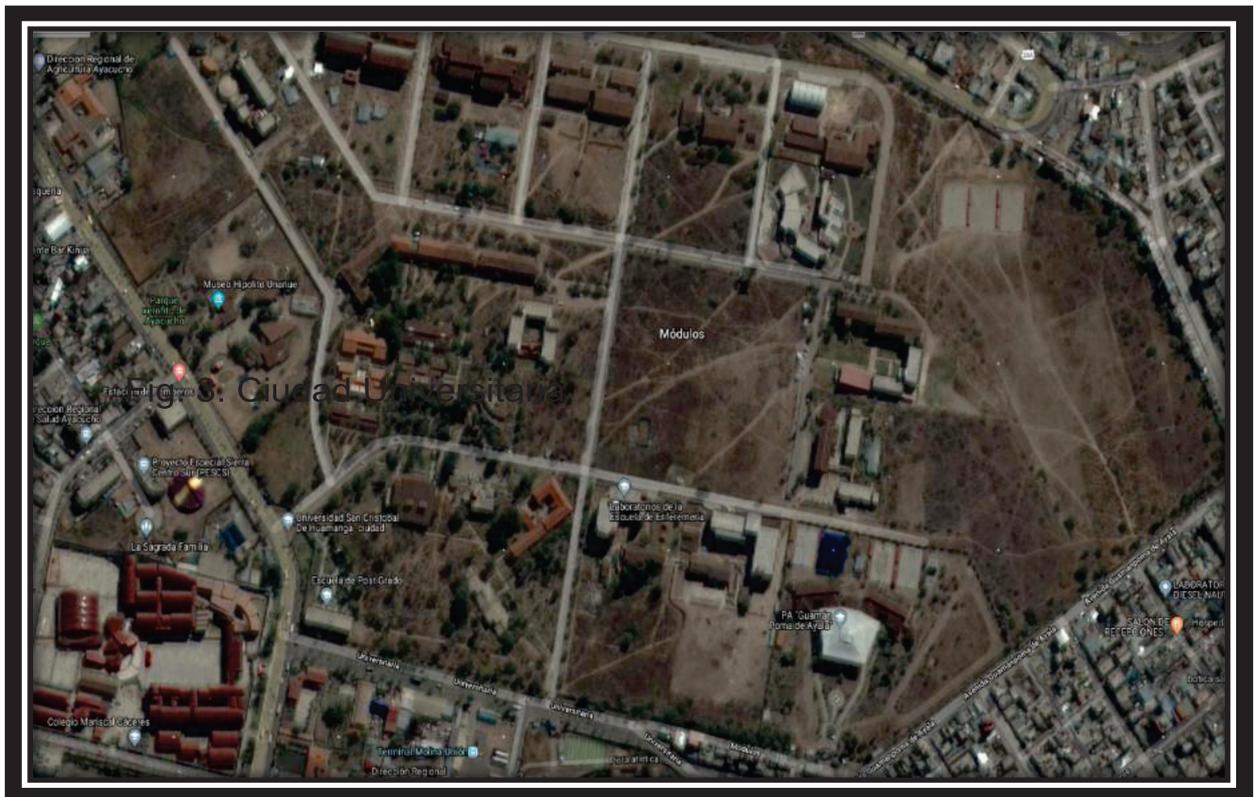




Fig. 4. Preparación de terreno



Fig. 5 surcado



Fig. 6 Siembra