



## Requerimiento térmico de las fases fenológicas de dos variedades de amaranto

(*Amaranthus caudatus* L): precoz y tardía en Ayacucho

## Thermal requirement of the phenological phases of two varieties of amaranth

(*Amaranthus caudatus* L): early and late in Ayacucho

## Necessidade térmica das fases fenológicas de duas variedades de amaranto

(*Amaranthus caudatus* L): precoce e tardia em Ayacucho

Roque-Siguas Oscar Juan\*

### Datos del Artículo

Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga. Portal Independencia N° 57 Ayacucho Central.  
Teléfono +066-312230 - 066-312510  
Oficina de enlace Lima Av. Abancay N° 210 2do Piso-Lima Telf. 01-4335524.  
Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad Nacional Huancavelica.  
Jr. Victoria Garma N°275. Y Jr. Hipólito Unanue N°280.  
Ciudad Universitaria de Paturpampa s/n Paturpampa-Perú.  
Tel: +51 067-451551.

#### \*Dirección de contacto:

Oscar Juan Roque Siguas  
Asociación Jaime Lusinchi Mz A Lt 4.  
Ayacucho.  
Tel: +51 066-637606. Cel 966545160  
E-mail: [oscarroque@hotmail.com](mailto:oscarroque@hotmail.com)

#### Palabras clave:

Requerimiento térmico,  
fases fenológicas,  
amaranto,  
Oscar Blanco,  
Centenario.

*J Selva Andina Biosph.*  
2019; 7(1):18-31.

#### Historial del artículo.

Recibido diciembre, 2018.  
Devuelto febrero 2019  
Aceptado marzo, 2019.  
Disponible en línea, mayo 2019.

### Resumen

En las investigaciones sobre cultivos andinos, actualmente es importante tener en cuenta el calentamiento global que está incidiendo en nuestro Andes tropicales, por lo que nos trazamos el objetivo principal: Determinar el requerimiento térmico de las fases fenológicas de dos variedades de amaranto: variedad Oscar Blanco ("Precoz"), y la variedad Centenario ("tardía") en Ayacucho.

El material genético fue proporcionado por el Instituto Nacional de Innovación Agraria INIA-Ayacucho, se consideraron siete fases fenológicas bien diferenciadas para este cultivo. El trabajo se llevó a cabo a campo abierto en un terreno aledaño a la Estación Meteorológica propiedad de la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga cuyas coordenadas geográficas son: 13°08' Latitud Sur, 74°13' longitud Oeste y Altitud 2772 m.s.n.m. En la presente investigación se utilizó el Diseño de Bloques Completos al Azar (DBCA) con dos variedades y cinco épocas (fechas) de siembra. Al aplicar el ANVA, los resultados fueron que no existe diferencia significativa en el requerimiento térmico o constante térmica entre las cinco distintas épocas de siembra dentro de variedades, pero si se encontró significación estadística del requerimiento térmico entre las variedades precoz y tardía con un coeficiente de variabilidad igual a 3.49%. La aplicación de la Prueba de Tukey (p=0.05) ratifica que, para las diferentes fases fenológicas, a excepción de emergencia, no existe diferencia media significativa en el requerimiento térmico, pero si se observa diferencia media significativa entre las variedades en estudio.

La variedad Oscar Blanco es el genotipo con menor requerimiento térmico promedio para cumplir su ciclo vegetativo (de emergencia a maduración fisiológica) con 1335.4°C, mientras que centenario requiere 1438.0°C. Para el carácter rendimiento Oscar Blanco presenta un mayor rendimiento promedio de 2.8333 t. ha<sup>-1</sup>, mientras que Centenario tuvo un rendimiento promedio de 2.2744 t. ha<sup>-1</sup>, respecto al número de días requeridos (tiempo calendario) de emergencia a madurez fisiológica Oscar Blanco reporta un rango de precocidad comprendido entre 124 a 134 días, y, Centenario se muestra tardía requiriendo un rango comprendido entre 135 a 145 días en las condiciones térmicas de Ayacucho.

© 2019. *Journal of the Selva Andina Biosphere. Bolivia. Todos los derechos reservados.*

### Resumo

Na pesquisa sobre as culturas andinas, é importante levar em conta o aquecimento global que está afetando nossos Andes tropicais, por isso nos propusemos o objetivo principal: Determinar a necessidade térmica das fases fenológicas de duas variedades de amaranto: variedade Oscar Blanco ("Precoz") e a variedade Centenario ("tardia") em Ayacucho.

O material genético foi fornecido pelo Instituto Nacional de Inovação Agrária INIA-Ayacucho; Sete fases fenológicas distintas foram consideradas para esta cultura. O trabalho foi realizado em um campo aberto em um terreno adjacente à Estação Meteorológica pertencente à Universidade Nacional de San Cristóbal de Huamanga, cujas coordenadas geográficas

**Editado por:**  
**Selva Andina**  
**Research Society**

**Palabras-chave:**

Necessidade térmica,  
fases fenológicas,  
amaranto,  
Oscar Blanco,  
Centenário..

**Key words:**

Thermal requirement,  
phenological phases,  
amaranth,  
Oscar Blanco,  
Centennial.

cas são: 13° 08' Latitud Sur, 74° 13' Longitude Oeste e Altitude 2772 m.s.n.m. Na presente investigação, foi utilizado o Projeto de Blocos Completos ao Acaso (DBCA), com duas variedades e cinco épocas de semeadura. Ao aplicar o ANVA, os resultados foram que não há diferença significativa na exigência de constante térmica ou térmica entre as cinco diferentes épocas de semeadura nas variedades, mas se significância estatística da exigência térmica foi encontrada entre as variedades precoces e tardias com um coeficiente de variabilidade igual a 3.49%. A aplicação do Teste de Tukey/ $p=0.05$ ) confirma que, para as diferentes fases fenológicas, com exceção de emergências, não há diferença significativa na exigência térmica, mas há uma diferença média significativa entre as variedades em estudo.

A variedade Oscar Blanco é o genótipo com a menor exigência térmica média para completar seu ciclo vegetativo (da emergência à maturação fisiológica) com 1335.4 °C, enquanto o centenário requer 1438.0 °C. Para o desempenho, Oscar Blanco apresenta um rendimento médio maior de 2.8333 t. ha<sup>-1</sup>, enquanto que o Centenario apresentou um rendimento médio de 2.2744 t. ha<sup>-1</sup>, em relação ao número de dias requerido (calendário), desde a emergência até a maturidade fisiológica. de precocidade compreendida entre 124 a 134 dias, e, Centenario está atrasado, exigindo um intervalo entre 135 a 145 dias nas condições térmicas de Ayacucho.

© 2019. Journal of the Selva Andina Biosphere. Bolivia. Todos os direitos reservados.

**Abstract**

In research on Andean crops, it is currently important to take into account the global warming that is affecting our tropical Andes, so we set ourselves the main objective: Determinar the thermal requirement of the phenological phases of two varieties of amaranth: Oscar Blanco variety ("Precocious"), and the Centenario variety ("late") in Ayacucho.

The genetic material was provided by the National Institute of Agrarian Innovation INIA-Ayacucho; Seven distinct phenological phases were considered for this crop. The work was carried out in an open field in a land adjacent to the Meteorological Station owned by the National University of San Cristobal de Huamanga whose geographic coordinates are: 13 ° 08' Latitud Sur; 74 ° 13' Longitude West and Altitude 2772 m.s.n.m. In the present investigation the Design of Complete Blocks at Chance (DBCA) was used with two varieties and five times (dates) of sowing. When applying the ANVA, the results were that there is no significant difference in the thermal or thermal constant requirement between the five different sowing seasons within varieties; but if statistical significance of the thermal requirement was found between the early and late varieties with a coefficient of variability equal to 3.49%. The application of the Tukey Test/ $p=0.05$ ) confirms that, for the different phenological phases, except for emergencies, there is no significant difference in the thermal requirement, but there is a significant mean difference between the varieties under study. The Oscar Blanco variety is the genotype with the lowest average thermal requirement to complete its vegetative cycle (from emergence to physiological maturation) with 1335.4 °C, while the centenary requires 1438.0 °C. For the performance character Oscar Blanco presents a higher average yield of 2833.3 t. ha<sup>-1</sup>, while Centenario had an average yield of 2274.4 t. ha<sup>-1</sup>, with respect to the number of days required (calendar time) from emergency to physiological maturity. Oscar Blanco reports a range of precocity comprised between 124 to 134 days; and, Centenario is late, requiring a range between 135 to 145 days in the thermal conditions of Ayacucho.

© 2019. Journal of the Selva Andina Biosphere. Bolivia. All rights reserved.

**Introducción**

El amaranto (*Amaranthus caudatus* L), originario de Sur América se distribuye desde el sur de Ecuador a través del Perú y Bolivia hasta el noroeste de Argentina<sup>1</sup>, se doméstico en América hace más de 4000 años por culturas precolombinas y de allí posiblemente se difundió a otras partes del mundo<sup>2</sup>, tuvo relevancia en la época pre-inca, actualmente está retomando auge, por su excelente calidad nutri-

cional y amplia adaptación; así mismo se dispone de tecnología, generada por diversas instituciones de investigación, también con nuevas variedades, mecanización<sup>3</sup>, pero no se toma en consideración el aspecto climático como componente importante en el proceso productivo. Parra<sup>4</sup>, plantea que el desarrollo de cultivo de feijoa se estimula principalmente por la temperatura, pero también se ve afectada

por otros factores climáticos. La determinación del desarrollo en términos de tiempo térmico o días de grado de crecimiento (DGC) es más precisa que los días calendario.

Con frecuencia se utiliza el tiempo calendario para predicción de las fases fenológicas de crecimiento y desarrollo de los cultivos, afirmación que consideramos se contrapone con Reaumur, en Valdivia-Ponce<sup>5</sup>, que afirma: “*si desde el momento en que se produce la germinación se suma la temperatura media de cada día, sin considerar las temperaturas medias bajo cero grados de cada vegetal, hasta el momento de la maduración la suma total es siempre la misma, cualquiera haya sido la ubicación del cultivo y el año considerado*”. Abriendo un nuevo camino de investigación para cambiar el paradigma del tiempo cronológico por constante térmica o requerimiento térmico como factor de predicción de fases fenológicas de los cultivos.

Existen pocos o casi ningún trabajo de investigación sobre requerimiento térmico o constante térmica en cultivos, así tenemos que Huillca-Quispe<sup>6</sup>, reporta para las condiciones térmicas de K'ayra (Cuzco) que la variedad Oscar Blanco requirió 227 días, pero no considera la constante térmica o requerimiento térmico acumulado en ese periodo, así mismo, revisado otros trabajos solo consideran números de días, motivo por el cual nos propusimos llevar a cabo el presente trabajo preliminar titulado “Requerimiento térmico de las fases fenológicas de dos variedades de amaranto (*Amaranthus caudatus* L): precoz y tardía en Ayacucho”. La variedad precoz tiene el nombre en honor al investigador y docente de la UNSAAC Oscar Blanco Galdós, es una variedad mejorada obtenida por selección en el Programa de Investigación en kiwicha del Centro de Investigación en Cultivos Andinos de la UNSAAC, en el año 1982, siendo cultivada hasta la actualidad. La variedad Centenario, liberada por el Programa de

Investigación y Proyección Social de Cereales y Granos Nativos de la Universidad Nacional Agraria La Molina el año 2006, recibiendo el nombre en homenaje a los 100 años de fundación de la UNALM.

Bajo las consideraciones expuestas, la presente investigación tuvo el siguiente objetivo: Determinar el requerimiento térmico de las fases fenológicas de dos variedades de amaranto: variedad Oscar Blanco (“Precoz”), y la variedad Centenario (“tardía”) en Ayacucho.

## Materiales y métodos

El experimento se llevó a cabo a campo abierto en un terreno aledaño a la estación meteorológica de la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga-Ayacucho, cuyas coordenadas geográficas son: 13° 08' Latitud Sur, 74° 13' Longitud Oeste, 2772 m.s.n.m. según el Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (SENAMHI-Perú). Fig. 1, 2, 3, 4, y 5.

**Figura 1, 2 y 3** Coordenadas geográficas son las siguientes. Latitud: 13° 08' sur, Longitud: 74° 13' Oeste y Altitud: 2772 msnm



Figura 3



Figura 4 Ciudad universitaria (UNSCH)

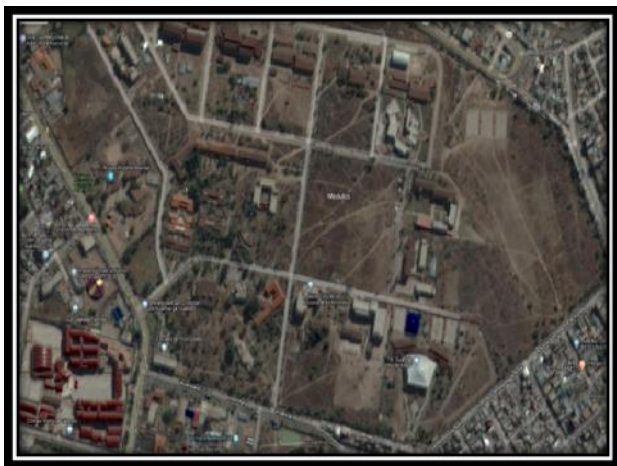


Figura 5 Estación meteorológica y parcelas demostrativas



La temperatura media anual para Ayacucho es de 16.2 °C, con una máxima media anual igual a 24.0 °C, y una temperatura mínima anual igual a 8.4 °C, correspondiendo a los meses de verano como los más calurosos, y siendo el periodo más frío correspondiente a los meses de junio y julio, presentándose heladas invernales. La precipitación total anual en nuestra localidad es de 572.9 mm, siendo los meses de octubre a marzo cuando se presentan las lluvias con más frecuencia y abundancia. (Experiencia propia).

*Material genético.* El material genético corresponde a dos líneas promisorias de amarantho de grano blanco (Oscar Blanco “precoz” y Centenario “tardia”), procedente del INIA-Ayacucho concedida por el ingeniero Agrónomo Victoriano Núñez.

Las fases fenológicas consideradas fueron siete a saber: 1) Emergencia, 2) Aparición de 8 hojitas verdaderas, 3) Inicio de panojamiento, 4) Inicio de floración, 5) Plena floración, 6) Grano lechoso, 7) Maduración fisiológica.

*Variable térmica.* Se utilizaron el termómetro de máxima y el termómetro de mínima, las temperaturas medias diarias se obtuvieron al sumar la temperatura mínima diaria más la temperatura máxima diaria dividida entre dos.

Según Reamur Valdivia-Ponce<sup>5</sup>. La constante térmica (CT) significa que, si desde el momento que se produce la emergencia se suma la temperatura media de cada día hasta el momento de la madurez, la suma total es siempre 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 residual<sup>7</sup>

$$C.T. = \sum_{i=1}^n (T - T_{base})$$

Para el caso del Amaranto es la sumatoria de las temperaturas medias diarias menos 7.0 °C que es considerada la temperatura cero del amaranto, conceptualmente, la temperatura cero o temperatura base es a la cual el desarrollo se detiene debido al frío. La FAO<sup>8</sup> afirma que el umbral mínimo para el crecimiento es de 7.0 °C, con un máximo de 47 °C y un óptimo de 25 °C. Nieto-Cabrera<sup>9</sup> afirma que el límite inferior de temperatura para que el cultivo cese su crecimiento parece ser 8 °C y para que sufra daños fisiológicos 4 °C, es decir, el cultivo no tolera las bajas temperaturas, peor las heladas.

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

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

**Tabla 1 Características del experimento**

Numero de variedades	2
Numero de fechas diferentes de siembra	5
Numero de fases fenológicas	7
Número de unidades experimentales	10
Tamaño de la parcela: 4.0 x 3.0 m	12 m <sup>2</sup>
Área total del ensayo con caminos:	160 m <sup>2</sup>
Área neta total del ensayo	120 m <sup>2</sup>
Numero de surcos por parcela:	4

El experimento se llevó a cabo en dos campañas agrícolas consecutivas. (2016-2017 y 2017-2018). Agronómicamente, se realizaron todas las labores inherentes a la conducción de un cultivo como son: preparación del terreno, siembra, en cinco épocas o fechas diferentes: La primera se realizó el día 30/11/2016, la segunda el día 25/12/2016 (primera campaña agrícola 2016-2017); la tercera siembra se efectuó el 28/10/2017, la cuarta el 18/11/2017, y la última o quinta época o fecha de siembra se llevó a cabo el 8/12 2017 correspondiente a la segunda campaña agrícola del 2017-2018, tapado de semilla

y aplicación de la primera dosis de abonamiento, riegos complementarios a las precipitaciones; raleo y control de malezas, aporque, cosecha cuando las plantas presentaron un ligero amarillamiento de las hojas y cuando los granos ofrecían una resistencia a la presión de los dedos. (tabla 2)

*Proceso de la prueba de hipótesis.* Para las variables requerimiento térmico, distintas fases fenológicas, y caracteres de productividad de las variedades Oscar Blanco “Precoz” y centenario “Tardía” de amaranto, fue de acuerdo al análisis de varianza del diseño experimental DBCA, con prueba de contraste de Tukey a un nivel de significancia del 5%, y el análisis de regresión lineal simple. El procesamiento estadístico de los datos se realizó empleando software estadístico como Excel y Statistical Analysis System.

## Resultados

Con el propósito de establecer la interrelación de las fases fenológicas con la variable meteorológica temperatura, se realizaron observaciones diarias tanto de la aparición de las distintas fases fenológicas como la temperatura diaria o grados días de temperatura, para luego realizar el análisis de varianza, (Tabla 3), y la prueba de Tukey (Tabla 4).

Para la fase fenológica 8 hojas verdaderas, el ANOVA, indica o muestra que dentro de las variedades no existe significación estadística en el requerimiento de la CT para las distintas épocas de siembra; mientras que entre las variedades si existe una significación estadística, con un C.V. igual a 3.49%.

Para la fase inicio de panojamiento, nos muestra la no significancia entre las épocas de siembra dentro de las variedades, pero si existe significancia estadística entre las variedades en estudio con un coeficiente de variación igual a 1.24% de alta precisión.

**Tabla 2 Datos de campo de la constante térmica por época de siembra, y estado fenológico de dos variedades de amaranto (*Amaranthus caudatus* L)**

Variedad	Epoca de siembra	Fecha	Emergencia	8 hojas	Inicio de panojamiento	Inicio de floración	Plena floración	Grano lechoso	Madurez fisiológica
			° C	° C	° C	° C	° C	° C	° C
VAR	EPO		GD1	GD2	GD3	GD4	GD5	GD6	GD7
Oscar Blanco	Epoca1	30/11/2016	133.4	377.0	638.7	869.7	1017.3	1192.4	1328.9
Oscar Blanco	Epoca2	25/12/2016	129.3	381.2	648.0	879.5	1016.0	1180.4	1334.7
Oscar Blanco	Epoca3	28/10/2017	130.3	393.8	676.6	897.3	1022.5	1201.1	1333.8
Oscar Blanco	Epoca4	18/11/2017	135.7	439.5	650.5	892.5	1026.1	1194.2	1341.8
Oscar Blanco	Epoca5	08/12/2017	136.6	404.4	635.4	883.6	1019.5	1202.2	1337.6
Centenario	Epoca1	30/11/2016	133.4	412.5	681.2	939.8	1108.7	1266.6	1443.4
Centenario	Epoca2	25/12/2016	129.3	422.7	668.3	949.9	1096.8	1272.5	1434.2
Centenario	Epoca3	28/10/2017	130.3	420.9	708.3	950.6	1106.8	1283.5	1451.2
Centenario	Epoca4	18/11/2017	135.7	429.8	683.3	954.3	1108.5	1265.6	1430.6
Centenario	Epoca5	08/12/2017	136.6	437.2	686.6	958.3	1116.3	1255.8	1433.0

**Tabla 3 Cuadrados medios del análisis de variancia de la constante térmica para cada fase de desarrollo de dos variedades de amaranto (*Amaranthus caudatus* L.) y cinco épocas de siembra. Pampa del Arco 2772 msnm, Ayacucho**

	Emergencia	8 hojas	Inicio de panojamiento	Inicio de floración	Fuente	GL	Cuadrados medios							
Época	4	20.7	505.3	NS	129.4	NS	42.6	NS	77.5	NS	20.5	NS		
Variedad	1	0.0	1618.0	*	3186.2	**	10909.8	**	18983.4	**	13965.2	**	26584.3	**
Error	4	0.0	206.4		68.5		36.3		22.8		102.3		76.4	
Total	9													
CV (%)			3.49		1.24		0.66		0.45		0.82		0.63	
Promedio		133.06	411.90		667.69		917.55		1063.85		1231.43		1386.92	

**Tabla 4 Prueba de Tukey (p = 0.05) de la constante térmica para cada fase de desarrollo de dos variedades de amaranto (*Amaranthus caudatus* L.) y cinco épocas de siembra. Pampa del Arco 2772 msnm, Ayacucho**

Fuente de variación	Constante térmica							
	Emergencia	8 hojas	Inicio de panojamiento	Inicio de floración	Plena floración	Grano lechoso	Madurez fisiológica	
<b>Época de siembra</b>								
Epoca1 (30/11/16)	a	133.4	394.8	660.0	904.8	1063.0	1229.5	1386.2
Epoca2 (25/12/16)	a	129.3	402.0	658.2	914.7	1056.4	1226.5	1384.5
Epoca3 (28/10/17)	a	130.3	407.4	692.5	924.0	1064.7	1242.3	1392.5
Epoca4 (18/11/17)	a	135.7	434.7	666.9	923.4	1067.3	1229.9	1386.2
Epoca5 (08/12/17)	a	136.6	420.8	661.0	921.0	1067.9	1229.0	1385.3
DMS			63.9	36.8	26.8	21.2	45.0	38.9
<b>Variedad</b>								
Centenario	a	133.1	424.6	685.5	950.6	1107.4	1268.8	1438.5
Oscar Blanco	b	133.1	399.2	649.8	884.5	1020.3	1194.1	1335.4
DMS			25.2	14.5	10.6	8.4	17.8	15.3

Para la fase inicio de floración, muestra la no existencia de significación estadística en el requerimiento de la CT dentro de las variedades, pero si es altamente significativo el requerimiento térmico entre ambas variedades. Con un C.V. igual a 0.66%.

En el caso de la fase plena floración, el ANVA muestra la existencia de una alta significación estadística en el requerimiento de la CT entre ambas variedades con un C.V. igual a 0.45%, no habiendo significación estadística entre las épocas de siembra dentro de las variedades para culminar esta fase fenológica.

Para la fase grano lechoso, el análisis de varianza indica que no existe significación estadística en el requerimiento de CT en las diferentes épocas de siembra, mientras que entre variedades si existe alta significación estadística para el requerimiento de constante térmica, con un C.V. igual 0.82%.

Para la última fase madurez fisiológica, el ANVA nos muestra que no hay significación estadística en el requerimiento térmico en las distintas épocas de siembra para culminar esta fase fisiológica dentro de las variedades; mientras que entre variedades existe una alta significación estadística. Con un C.V. igual a 0.63%.

El análisis de la varianza, nos induce a la aplicación de la Prueba estadística de Tukey. (Tabla 4)

Al aplicar la Prueba de Tukey para la emergencia en las cinco épocas de siembra, notamos que no existe diferencia estadística entre ellas, siendo la época 5 con mayor requerimiento térmico de ambas variedades. Al aplicar Tukey para esta misma fase entre las variedades observamos que no existe diferencia mínima estadística en el promedio de requerimiento de la CT.

*Tukey para la fase de 8 hojas verdaderas*, nos indica que no existe diferencia media estadística entre las distintas épocas de siembra, pero si cuando

comparamos las dos variedades, siendo Oscar Blanco la que requiere de menor CT para completar esta fase fenológica.

*Para la fase Inicio de panojamiento al aplicar Tukey*, nos indica la no significancia o diferencia significativa entre las épocas de siembra, pero debemos hacer notar que en la época 5 para ambas variedades requiere una constante mayor a las demás épocas. Al aplicar Tukey para las variedades observamos que existe diferencia significativa entre las variedades en estudio, siendo Oscar Blanco la que requiere menor cantidad de grados- de temperatura para completar esta fase en relación a la variedad Centenario.

*Tukey en la fase de floración*, señala que existe una alta significación estadística en el requerimiento térmico entre ambas variedades en estudio, siendo Oscar Blanco la que requiere menor CT, en lo referente a las distintas épocas de siembra Tukey nos indica la no existencia de diferencia estadística entre ellas.

*Para la fase Plena floración*, Tukey indica la no existencia de diferencia mínima estadística entre las distintas épocas de siembra en el requerimiento de CT para completar esta fase fenológica; Tukey para las distintas variedades nos indica que si existe significación estadística entre ellas.

*La prueba de Tukey para la fase Grano lechoso* nos indica la no existencia de diferencia estadística, pero numéricamente observamos un requerimiento mayor de la CT de la época 5 en relación con las otras épocas de siembra. Tukey para variedades nos muestra a Oscar Blanco como el genotipo con menor requerimiento de la CT para esta fase en comparación con la variedad Centenario.

*La prueba de Tukey para la última fase fenológica o sea madurez fisiológica*, nos indica la no existencia de diferencia mínima significativa en el requeri-

miento térmico entre las cinco épocas de siembra en ambas variedades.

**Tabla 5 Precocidad (X) y constante térmica (Y) con límites de confianza del 95 % de siete estados fenológicos en dos variedades de amaranto (*Amaranthus caudatus* L.). Pampa del Arco 2772 msnm, Ayacucho**

Fase fenológica	Precocidad promedio		Constante térmica (°C)	
	dds	promedio estimado	LC inferior	LC superior
<b><u>Oscar Blanco</u></b>				
Emergencia	7.2	126.8	108.2	145.5
8 hojas	35.8	408.8	395.5	422.1
Inicio de panojamiento	60.8	655.3	645.2	665.4
Inicio de floración	84.0	884.1	874.4	893.8
Plena floración	97.4	1016.2	1005.5	1027.0
Grano lechoso	115.4	1193.7	1180.4	1207.0
Madurez fisiológica	129.2	1329.8	1314.1	1345.5
<b><u>Centenario</u></b>				
Emergencia	7.2	126.0	113.9	138.1
8 hojas	38.8	438.6	428.1	449.0
Inicio de panojamiento	64.2	689.8	680.1	699.4
Inicio de floración	90.4	948.9	939.3	958.4
Plena floración	105.6	1099.2	1089.4	1109.0
Grano lechoso	122.4	1265.4	1255.0	1275.7
Madurez fisiológica	140.0	1439.4	1428.2	1450.6

**Tabla 6 Cuadrados medios del análisis de variancia de los caracteres de productividad de dos variedades de amaranto (*Amaranthus caudatus* L.) y cinco épocas de siembra. Pampa del Arco 2772 msnm, Ayacucho**

Fuente	GL	Cuadrados medios		
		Altura de planta	Tamaño de panoja	Rendimiento
Época	4	272.4 NS	53.2 NS	1739153.3 *
Variedad	1	10.0 NS	24.0 NS	780850.4 NS
Error	4	63.7	11.1	163356.9
Total	9			
CV (%)		3.13	4.33	15.83
Promedio		255.1	77.01	2553.79

En la Tabla 5, se observa un mayor requerimiento térmico para el genotipo Centenario que llega a maduración fisiológica con un promedio estimado de 1439.4 °C, comprendido entre los límites de 1428.2 y 1450.6 °C con un límite de confianza a nivel del 95 %, demostrando ser la más tardía en comparación con la variedad Oscar Blanco, que resultó ser la más precoz con un requerimiento pro-

medio estimado a madurez fisiológica de 1329.8 °C con un límite de confianza del 95 %, siendo el otro 5 % que estos promedios se escapen entre los límites comprendidos entre 1314.1 y 1345.5 °C.

El ANVA de los Cuadrados medios de la productividad (Tabla 6), como es: altura de planta, tamaño de panoja observamos para las épocas (fechas) de siembra, no existe diferencia estadística, pero si



existe diferencia significativa entre las épocas (fechas) y rendimiento. En el caso de variedad y caracte-

res de productividad no existe diferencia significativa.

**Tabla 7 Prueba de Tukey ( $p = 0.05$ ) de los caracteres de productividad de dos variedades de amaranto (*Amaranthus caudatus* L.) y cinco épocas de siembra. Pampa del Arco 2772 msnm, Ayacucho**

Fuente de variación	Altura de planta	Tamaño de panoja	Rendimiento
<b>Época de siembra</b>			
Epoca4 (18/11/17)	260.7 a	83.0 a	4088.2 a
Epoca3 (28/10/17)	270.3 a	81.5 a	2549.6 a,b
Epoca1 (30/11/16)	257.8 a	75.0 a	2521.1 a,b
Epoca5 (08/12/17)	243.8 a	75.2 a	1833.7 b
Epoca2 (25/12/16)	243.0 a	70.4 a	1776.4 b
DMS	35.5 a	14.8	1796.8
<b>Variedad</b>			
Centenario	254.1 a	75.5 a	2274.4 a
Oscar Blanco	256.1 a	78.6 a	2833.2 a
DMS	14.0 a	5.9	709.7

**Tabla 8 Precocidad o requerimiento de días a la madurez fisiológica (dds) de dos variedades de amaranto (*Amaranthus caudatus* L.). Pampa del Arco 2772 msnm, Ayacucho**

Variedad	Época de siembra	Fecha	Precocidad dds
Oscar Blanco	Epoca1	30/11/16	128
	Epoca2	25/12/16	134
	Epoca3	28/10/17	124
	Epoca4	18/11/17	128
	Epoca5	08/12/17	132
Centenario	Epoca1	30/11/16	140
	Epoca2	25/12/16	145
	Epoca3	28/10/17	135
	Epoca4	18/11/17	137
	Epoca5	08/12/17	143

La prueba de Tukey ( $p= 0.05$ ) nos muestra con mayor calidad de los resultados de productividad. La tabla 7 muestra poca diferencia entre altura de plantas y tamaño de panoja de plantas sembradas en diferentes épocas; lo mismo se nota también entre las dos variedades tanto Oscar Blanco como Centenario.

En cuanto al rendimiento de granos que es la variable más importante en la actividad agrícola, en la tabla 7 observamos que la época 4 de siembra, es la que muestra un mayor rendimiento superando a las

demás épocas de siembra, con rendimiento que llega a un valor de 4.088 t. ha<sup>-1</sup>, no mostrando diferencia significativa entre variedades.

En lo que respecta al número de días requeridos para completar su ciclo vegetativo que va desde emergencia hasta madurez fisiológica, la Tabla 8 muestra que, la variedad Oscar Blanco reporto un rango de precocidad comprendido entre 124 a 134 días, mientras que el genotipo centenario muestra ser más tardío y llega a la madurez fisiológica con

un rango de 135 a 145 días en las condiciones térmicas de la microcuenca de Ayacucho.

## Discusión

Existe poco o casi nada de información sobre trabajos de investigación relacionando la influencia de la temperatura sobre el comportamiento morfológico, fisiológico, y etológico o conductual, del amaranto tanto a nivel internacional, nacional como regional. Hoy en día con el problema latente del calentamiento global, se está produciendo un incremento de la gradiente térmica en función a la altitud en nuestra cordillera tropical, que significa un cambio en las condiciones ecológicas para nuestros organismos nativos, entonces nos urge determinar los requerimientos de la CT y poder minimizar o mitigar los efectos nocivos de este calentamiento en nuestra cuenca hidrográfica.

Es de todos conocidos que la temperatura controla la tasa de crecimiento de muchos organismos, los que requieren la acumulación de cierta cantidad de calor para pasar de un estadio a otro en su ciclo de vida. En un lugar dado el periodo entre la siembra y la cosecha no es un número específico de días sino más bien es la cantidad total de temperaturas que debe reunir un cultivo para cumplir con su cabal desarrollo, ya sea por subperiodo vegetativo o por todo su periodo desde siembra hasta la cosecha.

¿Será verdad que la diferenciación entre los términos de “PRECOZ” y “TARDIO” está en función del número de días o está en función de la CT? Se sabe que una especie que se comporta como precoz en una localidad, puede tranquilamente comportarse como tardía en otra. Consideramos que el método de mejor uso en la predicción de dicho desarrollo fenológico es la constante térmica o acumulación de temperaturas medias diarias por encima de una tem-

peratura base o temperatura cero ( $t_b$ ), y también conocida como tiempo térmico, grados-días de crecimiento o desarrollo (GDC), y se define como la cantidad de grados necesarios para finalizar un determinado proceso de desarrollo o fase fenológica.

Guata-Patin<sup>10</sup>, y Chagaray<sup>11</sup>, plantean distintas fases fenológicas relacionando las mismas con el número de días transcurridos desde la siembra hasta la aparición de cada fase, y no así a la CT tal como planteamos en el presente trabajo con la intención de cambiar este paradigma. Huillca-Quispe<sup>6</sup>, con respecto a las fases fenológicas de cinco Compuestos y dos variedades de Kiwicha determina un comportamiento estadísticamente diferentes entre ellos, donde el ciclo vegetativo del Compuesto 7 y la variedad CICA 2006 con 220 y 219 días respectivamente son de ciclo corto; con un comportamiento intermedio resultaron el Compuesto 1, Compuesto 4, y la variedad Oscar Blanco con 229, 228 y 227 días respectivamente; y comportamiento fenológico largo del Compuesto 5 y Compuesto 3 con 232 y 242 días respectivamente. El presente trabajo con respecto a los días requeridos para llegar a maduración fisiológica encontramos que Oscar Blanco reporto un rango de precocidad comprendido entre 124 a 134 días; mientras que centenario muestra ser más tardío y llega a madurez fisiológica con un rango de 135 a 145 días en las condiciones térmicas de la microcuenca de Ayacucho.

García-Ibarra<sup>12</sup>, en su tesis tuvo como objetivo estimar la interacción de dos variedades (criolla, amaranteca y revancha) de amaranto en diferentes fechas (temprana y tardía) de siembra; las variables en estudio fueron: altura de planta, longitud de panoja, diámetro de tallo, rendimiento de forraje verde, materia seca y rendimiento en grano, en cuanto a rendimiento la fecha de siembra muestra un mejor rendimiento en la fecha temprana con una media de

2.099 t. ha<sup>-1</sup> así mismo, la significancia para las variedades indica que las variedades revancha y amaranteca producen mejores rendimientos con valores de 1.924 t. ha<sup>-1</sup> y 1.651 t. ha<sup>-1</sup> respectivamente.

Miñano-Cárdenas<sup>13</sup>, realizó un estudio en condiciones de la Molina, en una siembra primavera-verano, comparando el rendimiento de dos variedades comerciales y siete líneas mutantes en cuatro sistemas de cultivo. Investiga producción, pero no considera a la temperatura registrada en primavera-verano. En el sistema orgánico con guano de islas encontró un rendimiento promedio de 1.344 t. ha<sup>-1</sup> sobresaliendo las variedades comerciales Oscar Blanco 1.8489 t. ha<sup>-1</sup> Centenario con 2.026 t. ha<sup>-1</sup> y la línea mutante MKSHUACHO-34 con 1.510 t. ha<sup>-1</sup>. En el sistema orgánico con estiércol de vacuno se logró un rendimiento promedio de 0.924 t. ha<sup>-1</sup>, en el sistema convencional se observó un rendimiento en promedio de 1.494 t. ha<sup>-1</sup> destacando Oscar Blanco con 1.812 t. ha<sup>-1</sup> y centenario con 2.156 t. ha<sup>-1</sup>. En el sistema tradicional sin insumo o control observo un rendimiento de 1.058 t. ha<sup>-1</sup>. Destacando las líneas mutantes MKSHUACHO-51 con 1.125 t. ha<sup>-1</sup>, MKSHUACHO-34 con 1.27 t. ha<sup>-1</sup>, MKSHUACHO-91 con 1.005 t. ha<sup>-1</sup>, y MKSHUACHO-60 con 1.208 t. ha<sup>-1</sup>.

Jacinto-Juarez<sup>14</sup>, tuvo como objetivo evaluar la respuesta en cuanto a rendimiento de grano, periodo vegetativo de tres variedades: Oscar Blanco, Niel Vietmeyer, y Huancayo; en las condiciones de Piura en la Costa Peruana<sup>15</sup>. Demostrando que ninguna de las tres presento diferencia estadística significativa. No obstante Oscar Blanco presento mejor rendimiento de 1.138 t. ha<sup>-1</sup>. Huillica-Quispe<sup>6</sup>, tuvo como objetivo general evaluar el rendimiento de grano, caracterización agronómica y fenología de cinco Compuestos y dos variedades de Amaranto (Oscar Blanco y CICA 2006), a 3,570 msnm. Encontrando

diferencias estadísticas para: altura de planta a la madurez fisiológica, longitud de tallo, longitud de panoja, diámetro de tallo y números de granos por gramo; En cuanto a rendimiento se tuvo que, la variedad CICA 2006 arrojó 1.78 t. ha<sup>-1</sup>, Compuesto 7 con 1.62 t. ha<sup>-1</sup>, Compuesto 4 con 1.58 t. ha<sup>-1</sup>. Compuesto 3 con 1.56 t. ha<sup>-1</sup> Compuesto 1 con 1.43 t. ha<sup>-1</sup> y la variedad Oscar Blanco con 1.34 t. ha<sup>-1</sup>. En cuanto a la variable rendimiento observamos que el tamaño de la panoja y el rendimiento muestran una alta correlación positiva (Tabla 7). Así mismo observamos que la variedad Oscar Blanco “precoz” presenta un mayor rendimiento promedio de 2.8332 t. ha<sup>-1</sup>, mientras que centenario tuvo un rendimiento promedio de 2.274 t. ha<sup>-1</sup>.

En síntesis, del presente trabajo de investigación se concluye. Todo lo que ocurre u ocurrirá en la planta pasa primero por el control de temperatura; un buen control de esta es el primer paso de un largo camino hacia una buena cosecha.

El calor es un factor importantísimo 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. 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).

Al aplicar el ANVA (Tabla 3), y la prueba de Tukey al 5 %, (Tabla 4) del requerimiento térmico en las siete distintas fases fenológicas y en las cinco épocas de siembra de las dos variedades en estudio, resulta que no existe diferencia significativa.

En lo concerniente al requerimiento térmico o CT entre las variedades en estudio, se ha encontrado que existe diferencia estadística significativa entre Oscar Blanco (“Precoz”), y centenario (“Tardía”);

siendo Oscar Blanco la variedad con menor requerimiento térmico para cumplir su ciclo vegetativo.

En la Tabla 5, se observa un mayor requerimiento térmico para el genotipo Centenario que llega a maduración fisiológica con un promedio estimado de 1439.4 °C, comprendido entre los límites de 1428.2 y 1450.6 °C con un límite de confianza a nivel del 95 %, demostrando ser la más tardía en comparación con la variedad Oscar Blanco, que resultó ser la más precoz con un requerimiento promedio estimado a madurez fisiológica de 1329.8 °C con un límite de confianza del 95 %, siendo el otro 5 % que estos promedios se escapen entre los límites comprendidos entre 1314.1 y 1345.5 °C.

En la Tabla 6 encontramos poca diferencia significativa en las alturas de las plantas sembradas en las cinco diferentes épocas, esta poca diferencia significativa en altura de planta se puede notar también entre las dos variedades tanto oscar Blanco (“precoz”), como centenario (“tardía”).

En cuanto a rendimiento que es la variable más importante en la actividad agrícola, observamos que el tamaño de panoja y el rendimiento muestran una alta correlación positiva (Tabla 7), esto significa que a mayor tamaño de panoja existe una respuesta positiva en el rendimiento de granos; asimismo. la época de siembra N°4, efectuada el día 18 de noviembre de 2017, es el que muestra un mayor rendimiento superando a las demás épocas de siembra, con un rendimiento promedio que llega a un valor de 4.088 t. ha<sup>-1</sup>.

De las variedades en estudio, observamos que la variedad Oscar Blanco “precoz” presenta un mayor rendimiento promedio de 2.833 t. ha<sup>-1</sup>; mientras que Centenario “Tardía” tuvo un rendimiento promedio de 2.274 t. ha<sup>-1</sup>.

En lo que respecta al número de días (Tabla 8) requeridos para completar su ciclo vegetativo (emer-

gencia-madurez fisiológica) la variedad Oscar Blanco, reporto un rango de precocidad comprendido entre 124 a 134 días; mientras que el genotipo centenario muestra ser más tardío y llega madurez fisiológica con un rango de 135 a 145 días en las condiciones térmicas de la microcuenca de Ayacucho.

Como conclusión final podemos inferir que el presente trabajo de investigación ha justificado que existe una mayor variabilidad entre las variedades Oscar Blanco (“precoz”) y Centenario (“tardía”) en lo referente a su requerimiento térmico o Constante térmica; así mismo se observa una mayor homogeneidad de los requerimientos térmicos dentro de cada variedad, en la aparición de las distintas fases fenológicas de emergencia a maduración.

Por ser un trabajo preliminar recomendamos repetir la investigación con las mismas fases fenológicas, y en diferentes pisos altitudinales para que las variedades puedan mostrar su potencial genético y confiabilidad a los distintos pisos ecológicos de nuestra cordillera tropical y también corroborar su requerimiento térmico o Constante térmica por las distintas fases fenológicas.

Siendo la temperatura un elemento esencial en el desarrollo y la productividad de las cosechas, es importante conocer su influencia. Con el presente trabajo preliminar de investigación, tratamos de cambiar la concepción actual; que sostiene, que el número total de días o tiempo cronológico determina las fases fenológicas sucesivas hasta maduración fisiológica; afirmación que consideramos inapropiada, porque una especie vegetal o variedad cualquiera, se puede comportar como precoz en una localidad y como tardía en otra localidad; lo apropiado es considerar a la CT o requerimiento térmico, ya que esta será siempre la misma en cualquier ubicación latitudinal y /o altitudinal que se cultive.

## Conflictos de intereses

El autor expresa que la presente investigación no presenta conflictos de intereses.

## Agradecimientos

Mi más profundo y sincero agradecimiento a la Universidad Nacional de Huancavelica por mi nuevo nivel académico, y a mi Alma mater Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga, por permitirme la realización del presente trabajo en sus instalaciones tanto del terreno como del instrumental de la estación meteorológica de su propiedad.

## Aspectos Éticos

Todos los aspectos procedimentales experimentales fueron aprobados por el Comité de ética de la Universidad Nacional de Huancavelica.

## Literatura Citada

1. Ministerio de Agricultura/OIA Estadística. Fechas de siembra y cosecha del Amaranto en el Perú. Rev Soc Quim Perú 1998; 2(1).
2. Mujica Sánchez A, Berti Díaz M, Izquierdo J. El cultivo del amaranto (*Amaranthus* spp.): producción, mejoramiento genético y utilización [Internet]. Organización de las naciones unidas para la agricultura y la alimentación; 1997 [citado 26 de octubre de 2018]. Recuperado a partir de: [http://www.fao.org/tempref/GI/Reserved/FTP\\_FaoRlc/old/prior/segalim/prodalim/prodveg/cdro m/contenido/libro01/Cap2.htm](http://www.fao.org/tempref/GI/Reserved/FTP_FaoRlc/old/prior/segalim/prodalim/prodveg/cdro m/contenido/libro01/Cap2.htm)
3. Salazar Vila LM. Introducción de 20 accesiones de kiwicha (*Amaranthus caudatus* L.) del ensayo regional de la E.E.A. Andenes-Cusco a condiciones E.E.A El Mantaro-Jauja [Tesis de Licenciatura]. [Huancayo]: Universidad Nacional del Centro del Perú; 2011 [citado 26 de octubre de 2018]. Recuperado a partir de: <http://repositorio.uncp.edu.pe/handle/UNCP/2086>
4. Parra Coronado A, Fischer G, Chaves Córdova B. Tiempo térmico para estados fenológicos reproductivos de la feijoa (*Acca sellowiana* (o. Berg Burret). Acta Biol Colomb 2015;20(1):163-73. <http://dx.doi.org/10.15446/abc.v20n1.43390>
5. Valdivia Ponce J. Meteorología General [Internet]. Lima Universidad Nacional Mayor de San Marcos; 1977 [citado 25 de octubre de 2018]. 168 p. Recuperado a partir de: [https://books.google.com.bo/books/about/Meteorolog%C3%ADa\\_general.html?hl=es&id=pTwSAQAAMAAJ&redir\\_esc=y](https://books.google.com.bo/books/about/Meteorolog%C3%ADa_general.html?hl=es&id=pTwSAQAAMAAJ&redir_esc=y)
6. Huilca Quispe J. Comparativo de rendimiento de cinco compuestos y dos variedades de kiwicha (*Amaranthus caudatus* L.) en condiciones de k'ayra [Tesis de Licenciatura]. [Cusco]: Universidad Nacional de San Antonio de Abad; 2013. Recuperado a partir de: <http://repositorio.unsaac.edu.pe/handle/UNSAAC/903>
7. Constante térmica en [https://www.academia.edu/10211120/CONSTANTE\\_TERMICA](https://www.academia.edu/10211120/CONSTANTE_TERMICA)
8. Kiwicha o amaranto. (*Amaranthus* spp) Oficina Regional de la FAO. <https://alexisjuliocr.wordpress.com/2014/04/24/kiwicha-o-amaranto/>
9. Nieto Cabrera C. El cultivo de amaranto *Amaranthus* spp., una alternativa agronómica para Ecuador [Internet]. [citado 26 de octubre de 2018]. Publicación miscelánea No. 52. Programa de Cultivos Andinos. INIAP-PUCE, Quito, Ecuador; 1989. p.28. Recuperado a partir de: <http://repositorio.iniap.gob.ec/handle/41000/2688>
10. Guata Patín CV. Evaluación agronómica con investigación participativa de tres líneas promiso-

- rias de amaranto (*Amaranthus* sp.) con fertilización química y orgánica en la localidad de Lagacoto II, provincia Bolívar/Carlos Vinicio Guata Patín [Tesis Licenciatura]. [Guaranda]: Universidad Estatal de Bolívar. Guaranda, Ecuador; 2007. Recuperado a partir de: [http://biblioteca.ueb.edu.ec/cgi-bin/koha/opacdetectail.pl?biblionumber=16694&query\\_desc=kw%2Cwrdl%3A%20Guata%20Pat%C3%ADn](http://biblioteca.ueb.edu.ec/cgi-bin/koha/opacdetectail.pl?biblionumber=16694&query_desc=kw%2Cwrdl%3A%20Guata%20Pat%C3%ADn)
11. Chagaray A. Estudio de factibilidad del cultivo del amaranto. Provincia de Catamarca: 2005 estudio de factibilidad [Internet]. Catamarca: Dirección Provincial de Programación del Desarrollo. Ministerio de Producción y Desarrollo. Gobierno de la Provincia de Catamarca [citado 26 de octubre de 2018]. Recuperado a partir de: [https://www.academia.edu/7599720/Estudio\\_de\\_Factibilidad\\_del\\_Cultivo\\_del\\_Amaranto](https://www.academia.edu/7599720/Estudio_de_Factibilidad_del_Cultivo_del_Amaranto)
  12. García Ibarra L. Variedades de amaranto y fechas de siembra para rendimiento de grano y forraje en san Luis Potosí [Tesis Licenciatura]. [San Luis Potosí]: Universidad Autónoma de San Luis de Potosí; 2012. [citado 26 de octubre de 2018]. Recuperado a partir de: En <http://ninive.uaslp.mx/jspui/bitstream/i/3458/1/IAF1VAR01201.pdf>
  13. Miñano Cárdenas D. Estudio del comportamiento de líneas avanzadas mutantes de kiwicha (*Amaranthus caudatus* Linn.) bajo distintos sistemas de cultivo [Tesis Licenciatura]. [Lima]: Universidad Nacional Agraria la Molina. Lima, Perú; 2015. Recuperado a partir de: <http://repositorio.lamolina.edu.pe/handle/UNALM/947>
  14. Jacinto Juárez JD. Evaluación de tres variedades de “Kiwicha” *Amaranthus caudatus* L. a condiciones de la costa en Piura [Tesis Licenciatura]. [Piura]: Universidad Nacional de Piura. Piura, Perú; 2014. Recuperado a partir de: <http://repositorio.unp.edu.pe/handle/UNP/243>
  15. Oficina Nacional de Evaluación de Recursos Naturales. Mapa ecológico del Perú: guía explicativa [Internet]. Lima Perú. 1976 [citado 10 de octubre de 2018]. Recuperado a partir de: <http://repositorio.ana.gob.pe/handle/ANA/1052>
-