

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN CRISTÓBAL
DE HUAMANGA**

FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS

ESCUELA PROFESIONAL DE BIOLOGÍA



TESIS:

**Constante térmica para las fases fenológicas reproductivas de
Vaccinium corymbosum “arándano” en el Fundo Santiago de
Huatatas, Ayacucho.**

Para optar el título profesional de:

**BIÓLOGA, ESPECIALIDAD: ECOLOGÍA Y
RECURSOS NATURALES**

PRESENTADO POR:

Bach. Mauricia FLORES CCENHUA

ASESOR:

Dr. Walter Wilfredo OCHOA YUPANQUI

AYACUCHO - PERÚ

2024

A mis queridos padres por su amor,
paciencia, trabajo y sacrificio.

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Nacional San Cristóbal de Huamanga, a los docentes de la Escuela Profesional de Biología y a mis compañeros, por su empatía, enseñanzas y por haber compartido durante nuestra formación profesional.

Al Ing. Cesar Juscamaita Castellares, Gerente de la Empresa Ayacucho Berries, por haberme permitido realizar el trabajo de investigación en el Fundo Santiago de Huatatas.

Al Dr. Walter Wilfredo Ochoa Yupanqui, por su asesoramiento en la realización del trabajo de tesis.

Al Dr. Oscar Roque Siguas, por haberme brindado su tiempo, conocimiento y sugerencias para el desarrollo de la presente investigación.

A los jurados Dra. Marta Romero Viacava, Dr. Jesús De La Cruz Arango y Blgo. César Justo Rodolfo Vargas que se tomaron el tiempo y esfuerzo para leer y corregir el informe de tesis.

A mis padres, hermanos y amigos por su constante apoyo.

ÍNDICE GENERAL

	Página
DEDICATORIA	ii
AGRADECIMIENTO	iii
ÍNDICE GENERAL	iv
ÍNDICE DE TABLAS	vi
ÍNDICE DE FIGURAS	vii
ÍNDICE DE ANEXOS	viii
RESUMEN	ix
I. INTRODUCCIÓN	1
II. MARCO TEÓRICO	3
2.1. Antecedentes	3
2.1.1. Antecedentes Internacionales	3
2.1.2. Antecedentes Nacionales	5
2.1.3. Antecedentes Regionales	5
2.2. Marco conceptual	6
2.2.1. Constante térmica	6
2.2.2. Obtención de la constante térmica	7
2.2.3. Grado-Día-Desarrollo (GDD)	7
2.2.4. Efecto de la temperatura sobre las plantas	8
2.2.5. Periodo fenológico	8
2.2.6. Fenología	8
2.2.7. <i>Vaccinium corymbosum</i> “arándano”	9
2.3. Bases teóricas	9
2.3.1. Origen y distribución de <i>Vaccinium corymbosum</i> “arándano”	9
2.3.2. Clasificación taxonómica	10
2.3.3. Características botánicas	10
2.3.4. Fenología reproductiva de <i>Vaccinium corymbosum</i> “arándano”	11
2.3.5. Variedades	13
2.3.6. Condiciones climáticas	14
2.3.7. Métodos de propagación	15
2.3.8. Técnicas de producción	16
2.3.9. Manejo cultural	17
2.3.10. Enfermedades de <i>Vaccinium corymbosum</i>	18
2.3.11. Importancia agroecológica y económica	21

III.	MATERIALES Y MÉTODOS	23
3.1.	Ubicación de la zona de estudio	23
3.1.1.	Ubicación geográfica	23
3.1.2.	Ubicación política	23
3.1.3.	Descripción del ambiente	23
3.2.	Población y muestra	24
3.2.1.	Población	24
3.2.2.	Muestra	24
3.3.	Diseño metodológico	24
3.3.1.	Diseño de campo experimental	24
3.3.2.	Observaciones de la fenología reproductiva	25
3.3.3.	Obtención de datos meteorológicos	26
3.3.4.	Cálculo de constante térmica en Grados - Día Desarrollo (GDD)	26
3.4.	Tipo de investigación	26
3.5.	Análisis estadístico	27
3.6.	Diseño de investigación	27
IV.	RESULTADOS	29
V.	DISCUSIÓN	41
VI.	CONCLUSIÓN	45
VII.	RECOMENDACIONES	47
VIII.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	49
	ANEXOS	55

ÍNDICE DE TABLAS

	Página
Tabla 1. Clasificación taxonómica de <i>Vaccinium Corymbosum</i> —arándano – Cronquist.	10
Tabla 2. Valor nutricional de <i>Vaccinium corymbosum</i> “arándano”	22
Tabla 3. Valores promedio de constante térmica acumulada por plantas para las fases fenológicas reproductiva de <i>Vaccinium corymbosum</i> , Huamanga- Ayacucho (Dic 2023 – Jun 2024).	30
Tabla 4. Valores promedio de constante térmica acumulada por época para las fases fenológicas reproductiva de <i>Vaccinium corymbosum</i> , Huamanga- Ayacucho (Dic 2023 – Jun 2024).	31
Tabla 5. Constante térmica promedio por etapa fenológica de diez plantas de <i>Vaccinium corymbosum</i> en Huamanga- Ayacucho (Dic 2023 – Jul 2024).	37
Tabla 6. Constante térmica promedio por época de muestreo de <i>Vaccinium corymbosum</i> en Huamanga- Ayacucho (Dic 2023 – Jul 2024).	38
Tabla 7. Duración en días de la etapa fenológica por época de <i>Vaccinium corymbosum</i> en Huamanga- Ayacucho (Dic 2023 – Jun 2024).	39

ÍNDICE DE FIGURAS

	Página
Figura 1. Crecimiento reproductivo de <i>Vaccinium corymbosum</i> “arándano.”	12
Figura 2. Fundo Santiago de Huatatas, distrito de Andrés Avelino Cáceres Dorregaray, Provincia de Huamanga, región Ayacucho.	23
Figura 3. Esquema de muestreo en el Fundo Santiago de Huatatas, distrito de Andrés Avelino Cáceres Dorregaray, Provincia de Huamanga, región Ayacucho.	24
Figura 4. Comparación del valor medio térmico total acumulado y duración en días para la fase Yema Floral Abierta (YFA) de <i>Vaccinium Corymbosum</i> - arándano en Huamanga, Ayacucho (2023-2024).	31
Figura 5. Comparación del valor medio térmico total acumulado y duración en días para la fase Botón Floral (BF) de <i>Vaccinium Corymbosum</i> - arándano en Huamanga, Ayacucho (2023-2024).	32
Figura 6. Comparación del valor medio térmico total acumulado y duración en días para la fase Floración (F) de <i>Vaccinium Corymbosum</i> - arándano en Huamanga, Ayacucho (2023-2024).	33
Figura 7. Comparación del valor medio térmico total acumulado y duración en días para la fase Cuajado (C) de <i>Vaccinium Corymbosum</i> - arándano en Huamanga, Ayacucho (2023-2024).	34
Figura 8. Comparación del valor medio térmico total acumulado y duración en días para la fase Maduración (M) de <i>Vaccinium Corymbosum</i> - arándano en Huamanga, Ayacucho (2023-2024).	35
Figura 9. Descripción de la fenología reproductiva de <i>Vaccinium Corymbosum</i> - arándano en Huamanga, Ayacucho (2023-2024).	36

ÍNDICE DE ANEXOS

	Página
Anexo 1. Fenología vegetativa de <i>Vaccinium corymbosum</i> en el Fundo Santiago de Huatatas en Huamanga, Ayacucho.	56
Anexo 2. Temperaturas máxima y mínima registradas en la estación meteorológica instalada temporalmente en el Fundo Santiago de Huatatas en Huamanga, Ayacucho.	57
Anexo 3. Elección y etiquetado de las plantas de <i>Vaccinium corymbosum</i> —arándano en el Fundo Santiago de Huatatas, Huamanga. Ayacucho (2023-2024).	58
Anexo 4. Instalación de la caseta meteorología en el campo de cultivo de <i>Vaccinium corymbosum</i> —arándano.	59
Anexo 5. Registro de las fechas en los que ocurren los cambios fenológicos reproductivos de <i>Vaccinium corymbosum</i> —arándano.	60
Anexo 6. Fases fenológicas reproductivas de <i>Vaccinium corymbosum</i> —arándano variedad Biloxi y Emerald.	61
Anexo 7. Temperaturas y duración en días por fase fenológica en la segunda época (E1).	62
Anexo 8. Temperaturas y duración en días por fase fenológica en la tercera época (E2).	65
Anexo 9. Temperaturas y duración en días por fase fenológica en la tercera época (E3).	68
Anexo 10. Ficha de registro de fechas en las que ocurrieron los cambios de las fases fenológicas reproductivas en la segunda época (E1).	71
Anexo 11. Ficha de registro de fechas en las que ocurrieron los cambios de las fases fenológicas reproductivas en la tercera época (E2).	72
Anexo 12. Ficha de registro de fechas en las que ocurrieron los cambios de las fases fenológicas reproductivas en la tercera época (E3).	73
Anexo 13. Matriz de consistencia.	74

RESUMEN

El crecimiento y desarrollo del cultivo de arándanos es principalmente estimulado por la temperatura, pero también por otros factores climáticos. En la provincia de Huamanga el cultivo de arándanos es reciente, por lo que no se dispone de estudios sobre su adaptación a las condiciones climáticas de la zona, para su producción es necesario conocer los requerimientos térmicos. El objetivo de esta investigación fue determinar la constante térmica para cada fase fenológica reproductiva de *Vaccinium corymbosum*, valor desconocido para esta especie. El estudio se realizó en plantas de seis años de edad de la variedad Biloxi, se trabajó bajo un diseño completamente al azar (DCA), establecidas en el campo de la empresa “Ayacucho Berries” en Huamanga, Ayacucho entre diciembre 2023 a junio 2024. Para determinar la constante térmica se registraron las fechas de aparición de las fases fenológicas (yema floral hinchada, yema floral abierta, botón floral, floración, cuajado y maduración) y su duración en días. Con las temperaturas obtenidas de la caseta meteorológica instalada en el mismo campo de cultivo se calculó la constante térmica en Grados-Día-Desarrollo (GDD) usando el método residual.

Los resultados mostraron que la constante térmica en cada fase fenológica reproductiva no vario estadísticamente entre plantas ni entre épocas, el calor que requiere acumular la fase de yema floral abierta para pasar a la siguiente fase es de 369 GDD y 27 días a partir de yema floral hinchada, 409 GDD y 36 días para la fase de botón floral, 557 GDD y 41 días para la fase de floración, 617 GDD y 45 días para la fase de cuajado y para alcanzar la madurez acumulo 1623 GDD en 125 días.

Palabras clave: constante térmica, fenología reproductiva, arándano.

I. INTRODUCCIÓN

A lo largo de los últimos años se ha podido apreciar como los factores ambientales han cambiado con el paso de los años debido al cambio climático. La temperatura es el determinante climático más importante en el crecimiento de los vegetales, los grados día de desarrollo (GDD) o unidades térmicas son el índice mayormente empleado para describir las fases de desarrollo. El crecimiento y desarrollo de las plantas a menudo se conceptúan como días calendario; aun así, estimar el desarrollo basándose en los días térmicos necesita una comprensión del almacenamiento de energía térmica que ocurre durante las etapas fenológicas del cultivo. (Salazar et al., 2013). La Constante Térmica, se refiere a los grados de calor acumulados por día, que permiten a las plantas alcanzar su desarrollo completo y se utiliza para predecir la fenología de los cultivos. (Miller *et al.*, 2001). *Vaccinium corymbosum* “arándano” es un arbusto que pertenece a la familia Ericáceae originaria de Norteamérica y consumida por los seres humanos desde la antigüedad. La producción de arándanos, por sus propiedades nutraceuticas, especialmente antioxidantes, tiene gran importancia en el mundo, lo que incrementa sus beneficios económicos. Su producción se ha extendido en todo el orbe debido a la gran demanda que ostenta. Sin embargo, el efecto del tiempo térmico en sus diferentes etapas fenológicas no está documentado en la literatura. Los arándanos han empezado a introducirse como cultivo berries en Ayacucho desde el año 2018, pero aún se desconoce el requerimiento térmico y la fenología según las condiciones climáticas propias de la zona.

Objetivos

Objetivo general

Determinar la constante térmica para las fases fenológicas reproductivas de *Vaccinium corymbosum* “arándano”.

Objetivos específicos

- Determinar la duración en días de las etapas fenológicas reproductivas de *Vaccinium corymbosum* “arándano”.
- Describir las fases fenológicas reproductivas de *Vaccinium corymbosum* “arándano”.

II. MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes

2.1.1. Antecedentes Internacionales

Martínez *et al.* (2017), en un estudio en Veracruz, México, sobre *Hylocereus undatus* “pitahaya”, tuvo como objetivo: Establecer la constante térmica de *Hylocereus undatus* “pitahaya”. Con esta finalidad estudiaron 3 cultivares de Pitahaya (Ana, Juana y Carlos) en 2 periodos seguidos de los años 2013 y 2014. La constante térmica se calculó utilizando el método residual, con 7°C como temperatura base. Los resultados exhiben que la temporada de reproducción de la Pitahaya comienza después de que se registran los valores más altos de temperatura (>34°C). Del mismo modo hallaron que las constantes térmicas entre las dos fases y dos años eran muy similares y no estadísticamente diferentes. Para la etapa de brotación-floración la constante térmica (CT) fue de 360 Grado Día Desarrollo (GDD), y para la etapa de floración-madurez del fruto, la CT fue 537 GDD, consecuentemente, la pitahaya acumulo 897 GDD en todo el periodo desde la brotación a la madurez del fruto.

Parra *et al.* (2015), en Colombia, resaltó en su trabajo sobre *Acca sellowiana* “feijoa” que el progreso de este cultivo es dependiente de la temperatura, sin embargo, señaló que se ve afectado por la influencia de otras condiciones medioambientales y, enfatiza que expresar el desarrollo en grados día de crecimiento (GDC) tiene mayor precisión que el periodo cronológico (días normales). La intención de este estudio fue proporcionar un modelo para predecir la fecha de cada etapa fenológica reproductiva hasta cosechar los frutos. Se identificaron y marcaron 20 árboles en 2 comunidades de 2012 a 2014, se anotaron el periodo en que aparecieron los estados fenológicos, empezando del botón floral. La temperatura base (TB) se determinó a través del método del coeficiente mínimo de variación y la duración de las cuatro etapas fenológicas

reproductivas se expresó como Grados Día Crecimiento (GDC). Los resultados mostraron que TB y GDC variaron con la etapa de crecimiento del cultivo, con un promedio de 2,651 GDC y el número de días requeridos para la cosecha de fruta fue de 189 días.

Soto *et al.* (2009), investigó el efecto térmico en el tiempo de los estados fenológicos en el trigo *Triticum aestivum ssp* comprendiendo 2 periodos de cultivo escalonado a razón de 100 kg/ha, con la finalidad de establecer el efecto de la temperatura del aire en la fenología. Los resultados mostraron que hubo diferencias en la duración del día en diferentes fechas de siembra, lo que apunta a que las altas temperaturas aceleraron la finalización del desarrollo fenológico, al tanto que las bajas temperaturas prolongaron la duración.

Edgardo *et al.* (2018), este trabajo se realizó en Buenos Aires, Argentina, para estudiar la adaptación de dos variedades de arándanos a las condiciones locales. Se trabajó bajo un diseño completamente al azar (DCA) y se determinó el rendimiento por individuo (kg/pl), peso de bayas (kg), proyección de copa (m²), altura, y contenido de sólidos totales, contenido de antocianos y acidez total, durante la campaña 2016-2017. Los resultados mostraron que no hubo diferencias significativas en pH, SST, peso de bayas, altura de planta, contenido de antocianinas y acidez, pero si diferencias significativas en proyección de la copa. En conclusión, se demostró que la productividad de la variedad Blue Cuinex fue mejor que la de Georgia Gem.

Buitrago (2024), en su tesis tuvo como objetivo describir la fenología del desarrollo y posteriormente proponer un modelo fenológico para *Dianthus caryophyllus* “clavel”. El estudio fue realizado en una finca de producción de clavel ubicada en el municipio de Tocancipá-Cundimarca (Colombia), monitoreando las tres variedades en cuatro siembras diferentes durante los años 2018 y 2019, registrando la aparición de los diferentes estados fenológicos hasta el corte y generando una escala BBCH (Agencia Federal Biológica y Química). Se usó un modelo de regresión cuadrática, donde la primera derivada del modelo de regresión fue igual a cero. Los resultados demostraron que las tres variedades evaluadas presentan diferente ciclo de vida desde la siembra hasta la cosecha, además que la temperatura base y los grados día acumulado varían dependiendo del estado de desarrollo del cultivo y la variedad evaluada. En conclusión, se determinó que *Dianthus caryophyllus* requiere 2580,7 grados día acumulados y 185 días desde la siembra hasta la cosecha de la flor.

2.1.2. Antecedentes Nacionales

Mendoza (2013), mencionó en su tesis que es importante y necesario entender el alto rendimiento del cultivo. El desarrollo fenológico de la variedad y la relación con el clima determinan la productividad. La finalidad de esta investigación fue establecer la cantidad de días y las unidades de almacenamiento de calor en grados/día (GD) necesarios para llegar a determinado estado fenológico para diferentes genotipos de quinua probados en condiciones de la costa central. El experimento se realizó en octubre de 2011 y febrero de 2012 en la Universidad Nacional Agraria La Molina, utilizando un DBCA con 3 repeticiones y 25 genotipos de quinua. Los grados día se establecieron con el método residual, tomando como temperatura base 7 °C, que es el lugar de donde proviene la quinua (altiplano peruano-boliviano). Los resultados revelan que de todos los genotipos evaluados, solo 4 genotipos mostraron el mejor desempeño agronómico de alto rendimiento. Se requieren unidades de calor para completar 10 pasos característicos: paso 0.0 (germinación) 10,75°D; etapa 1.0 (crecimiento vegetativo) 377.04°D; etapa 2.0 (ramificación) 209,06°D; 4,0 (desarrollo de la flor) 571,66°D; fase 5,0 (flor) 699,03°D; etapa 6,0 (etapa de floración) 838,73°D; fase 7,0 (partículas de agua) 1095,22°D; (claro) verde) 1709,42 D.

2.1.3. Antecedentes Regionales

Roque (2019), en su trabajo determinó la necesidad térmica de las fases fenológicas de variedades de amaranto: Oscar Blanco (maduración temprana) y cultivar Centenario (maduración tardía), utilizando un DBCA y cinco siembras. En los hallazgos, cuando se aplicó la prueba ANVA con un nivel de confianza del 95%, no se encontró ninguna diferencia estadísticamente significativa en los requerimientos calóricos entre las épocas de siembra, sin embargo, sí se obtuvo una diferencia significativa entre las diferentes variedades utilizando la prueba de comparación de Tukey.

Marcaquispe (2021), en su trabajo de tesis evaluó la relación de la calidad del fruto de 5 biotipos promisorios de *Opuntia ficus indica* con la constante térmica en la etapa fenológica reproductiva. Se estudiaron ejemplares de 2 años de edad, con un arreglo de DBCA, ubicadas en las instalaciones del INIA-Ayacucho en el periodo noviembre 2019 a mayo 2020. Se anotaron las fechas en que aparecieron y la duración de cada una de las fases fenológicas (brotamiento de yemas florales, anthesis, amarre del fruto, maduración del fruto y periodo completo). Las constantes térmicas y los días promedio requeridos para que los cinco biotipos de tuna

completan la fenología reproductiva son: 889,63 GDD y 49 días desde la emergencia del botón floral hasta la floración, 1861.72 GDD y 111 días desde la floración hasta la madurez del fruto, 2751.31 GDD y 161 días para el período reproductivo completo; los brotes que emergen en diferentes fechas requieren constantes térmicas relativamente similares y el desarrollo se desacelero en la medida en que aminoraron las temperaturas promedio. Se demostró la existencia de una relación media entre la calidad del fruto y la constante térmica, en contraposición, el biotipo PTI-067A, presentó alta relación entre la CT con el diámetro y la longitud del fruto.

2.2. Marco conceptual

2.2.1. Constante térmica

Es la cantidad total de calor que debe acumular una planta para completar su ciclo fenológico. (Martínez *et al.*, 2017). Cada planta o cultivo debe acumular una cierta cantidad de días de crecimiento de temperatura o períodos de desarrollo durante las etapas vegetativas y reproductivas para poder completar exitosamente el ciclo de vida. La suma de estas temperaturas medias diarias para cada etapa y todo el período de desarrollo se denomina constante térmica. Este valor es específico y fijo para cada cultivo y se obtiene sumando la temperatura de la planta desde la germinación hasta la madurez física. (Guía de estudio 12, 2017).

La temperatura controla la tasa de crecimiento de muchos organismos, que necesitan acumular una cierta cantidad de calor para pasar de un estadio a otro en su ciclo de vida. El número de días necesarios para completar el ciclo entre siembra y cosecha en un sitio determinado no es un número específico, sino el número total de grados día que se deben acumular para que el cultivo crezca completamente, ya sea por sub periodo vegetativo o por todo su periodo.

Las investigaciones efectuadas al respecto, demostraron que si se adiciona la temperatura media diaria a partir de la germinación hasta la madurez, siempre será el mismo valor, independientemente de la zona de ubicación del cultivo y el periodo anual en que se realiza. (Roque, 2019) Por esta razón es que se denomina constante térmica y se trata de un valor que es único para cada especie y variedad de plantas, aunque también se debe considerar aspectos ambientales y genéticos.

a. Temperaturas óptimas

Son los valores de temperatura más propicios para efectuar la fotosíntesis y por tanto determinar la prosperidad de las plantas. Normalmente, la proliferación celular alcanza su expresión y ritmo óptimo debido a estos valores de temperatura.

Cuando la temperatura se encuentra entre la temperatura base y óptima los procesos fisiológicos se aceleran. (Guía de investigación 12, 2017).

b. Temperaturas umbrales

A temperaturas inferiores o superiores a determinados valores comienzan a producirse cambios y modificaciones en el crecimiento morfológico de las plantas. Los valores son variables y dependen de la especie y tipo de planta. (Guía de estudio 12, 2017).

Este parámetro determina si un cultivo puede o no desarrollarse en un determinado territorio. Adicionalmente, interfieren con los procesos vegetativos de las plantas en vista de que tienen diversos efectos sobre funciones como la respiración, la transpiración o la fotosíntesis. (Marti, 1994).

c. Temperatura base o cero

Representa la temperatura más baja límite que si desciende más paraliza el crecimiento por acción del frío, al contrario, si se incrementa la temperatura la fisiología también aumenta hasta llegar a la temperatura óptima. (Universidad Nacional de Entre Ríos, 2007).

2.2.2. Obtención de la constante térmica (método residual)

En esta metodología, se concibe que las temperaturas que superan los 0 °C determinan el crecimiento y desarrollo de las plantas, aunque se debe precisar que el crecimiento es más adecuado a mayores temperaturas hasta llegar a un óptimo.

Cualquier vegetal crece a una temperatura específica, lo que significa que temperaturas por debajo de este valor no son buenas para las plantas inactivas. Este nivel de temperatura se denomina "temperatura cero crítica" o "temperatura central". Para hallar la temperatura más eficiente, es necesario restar la temperatura base, este valor representa la temperatura útil. Por esta razón, el método suma los promedios de las temperaturas medias diarias restando en cada caso la temperatura cero vital de crecimiento.

2.2.3. Grado-Día-Desarrollo (GDD)

GDD mide la cantidad de calor que recibe un cultivo durante la temporada y está estrechamente relacionado con el crecimiento de las plantas porque la temperatura afecta muchos procesos biológicos que determinan la sanidad y el vigor. Los grados días de desarrollo (GDD) es un índice que calcula el crecimiento biológico en función de la temperatura y se ha aplicado en el seguimiento de cultivos o plagas. (Hasan *et al.*, 2007).

2.2.4. Efecto de la temperatura sobre las plantas

Es un factor del clima que permite el incremento de la masa vegetativa; cada planta tiene un rango de temperatura adecuada (entre máximas y mínimas) que permite su crecimiento. Es necesario considerar que también existe una temperatura mínima a partir de la cual la planta inicia su crecimiento; cuando esta aumenta, también la planta aumenta su crecimiento, el mismo que se detiene cuando llega a una temperatura máxima, incluso cesan sus funciones vitales.

Los rangos de temperatura mínima, óptima y máxima para muchas plantas suelen ser un mínimo de 8°C, un óptimo de 16°C y un máximo de 30°C. Pero cabe señalar que los umbrales para cada especie son diferentes porque tienen diferentes rangos de temperatura y se ven afectados por las condiciones climáticas locales, como la lluvia, el viento o la luz. (Urbano *et al.*, 2002).

2.2.5. Periodo fenológico

El ciclo fenológico de un cultivo consta de fases y etapas. **Las fases** son la rápida aparición, cambio o pérdida de los órganos de la planta; es un evento común en los cultivares, identificados como: siembra, germinación, emergencia (inicio), floración (primeras flores, plenas y finales) y cosecha. Otros eventos adicionales observados en algunos cultivos incluyen: brotación, emergencia de hojas, maduración de frutos, caída de hojas en diversos frutales. La germinación de las plántulas, la germinación del trigo, la floración de los manzanos, el crecimiento de la vid, la maduración del maíz, etc. son verdaderas etapas fenológicas. **Una etapa** del ciclo de vida del cultivo está delimitada por dos fases consecutivas. (Guata *et al.*, 2006). Un subperiodo es el tiempo que transcurre entre fases caracterizado porque el clima se conserva estable. Cada subperíodo tiene diferentes demandas bioclimáticas, algunos con las más altas y otros con las más bajas. Esto conduce a la comprensión de subperiodos críticos y latentes, siempre referidos a factores climáticos específicos.

2.2.6. Fenología

Se refiere al conocimiento de las modificaciones que se desarrollan en las plantas como consecuencia de su relación con los condicionantes del clima en los que crecen (temperatura, luz, humedad, precipitaciones, suelo, etc.). La fenología expresa las diversas etapas de crecimiento de las plantas por intermedio de la observación e identifica las modificaciones fenotípicas, lo que define el lapso de tiempo entre una etapa y otra. (Mendoza, 2013). Se llama etapa visible a las modificaciones externas que ocurren en diferentes etapas del desarrollo del

vegetal, como el desarrollo de botones florales, floración, etc., la etapa latente es una etapa que no se puede ver a simple vista, como la germinación, por lo que la observación y el registro son más complicados. Las etapas fenológicas son, por tanto, los períodos durante los cuales aparecen, cambian o desaparecen los órganos de la planta (Yzarra y López, 2011).

El estudio de la fenología ayuda a comprender los modelos de desarrollo vegetativo y reproductivo de las plantas. Por lo tanto, ayuda a resolver algunos inconvenientes y establece los fundamentos para entender los procesos reproductivos, la evolución de las comunidades. De este modo, se brinda datos acerca de la existencia de recursos y se logra establecer estrategias de cosecha de frutos que pueden posibilitar la disponibilidad de semillas de buena calidad para la propagación de estas plantas (Ochoa *et al.*, 2008).

a. Fenología reproductiva

Comprende el estudio de las funciones permanentes y repetitivas que se producen a lo largo de la vida de los vegetales, así como las modificaciones temporales en forma anual. (Ochoa *et al.*, 2008).

2.2.7. *Vaccinium corymbosum* “arándano”

El género *Vaccinium* es un frutal permanente de la familia Ericáceae que tiene 450 especies, las que se cultivan son oriundas de América del norte, mientras que los silvestres se encuentran en el Neotrópico y los Andes sudamericanos. La especie crece y prospera en suelos ácidos a altitudes entre 1500 y 4700 metros sobre el nivel del mar, a temperaturas entre 3 y 17 °C, pH entre 4 y 5, y en presencia de microorganismos benéficos aptos para los cultivos. (Meléndez *et al.*, 2021).

2.3. Bases teóricas

2.3.1. Origen y distribución de *Vaccinium corymbosum* “arándano”

El arándano es originario de América del Norte, donde crece de forma silvestre. (García y González, 2011). En lo que concierne al Perú, los cultivos se centran principalmente en las regiones de La Libertad, Ica, Arequipa, Cajamarca, Ica, Lima y Lambayeque. (MINAGRI, 2020).

2.3.2. Clasificación taxonómica

Según el sistema de clasificación de Cronquist (1973), el arándano *Vaccinium corymbosum* tiene la siguiente posición taxonómica (Retamales-Hancock, 2012).

Tabla 1. Clasificación taxonómica de *Vaccinium Corymbosum* —arándano – Cronquist

Reino	Plantae
División	Magnoliophyta
Clase	Magnoliopsida
Orden	Ericales
Familia	Ericaceae
Género	<i>Vaccinium</i>
Especie	<i>Corymbosum</i>
Nombre científico:	<i>Vaccinium Corymbosum</i> L.

Nombres vulgares: arándano, blueberry, mirtilo, muérdano, anavia.

2.3.3. Características botánicas

Se trata de arbustos perennes que pueden alcanzar una altura de 2,5 metros. Es una planta monoica, lo que hace referencia a la presencia de ambos sexos, permitiendo así la autofecundación para la aparición del fruto. (Undurraga y Vargas, 2013).

a. Raíz

El sistema radicular es muy importante, se desarrolla en una longitud de aproximadamente 40 cm, son superficiales y fibrosas, es característica la carencia de pelos absorbentes, por lo que las raíces jóvenes se encargan de la función de absorción; probablemente por este motivo es común encontrar deficiencias nutricionales, por ello se sugiere incorporar micorrizas y lograr un buen desarrollo mediante el incremento de los procesos de simbiosis que faciliten la nutrición de las plantas; asimismo debe considerarse el empleo de nutrientes o soluciones nutritivas, dependiendo del sistema de cultivo. (Rubio *et al.*, 2010).

b. Tallo

Sus tallos presentan brotes múltiples que inicialmente son flexibles, pero posteriormente se lignifican. Según su forma y posición, en los brotes se diferencian 2 tipos de yemas; a) las yemas florales que son mayores y redondas, se encuentran en la porción terminal de cada brote de un año; b) las yemas vegetativas se encuentran en la parte basal de los brotes y tienen forma puntiaguda. (González *et al.*, 2013, Arias, 2018).

c. Hojas

Sus hojas son simples, caducas, de forma ovalada o lanceolada, distribuidas en forma alterna a lo largo de la ramilla, y las estomas se sitúan únicamente en el envés de las hojas, con una densidad de hasta 300 por milímetro cuadrado. Su

color más llamativo es el verde claro, sin embargo, dependiendo de la variedad y la época del año (otoño) pueden ser rojizos. (MINAGRI, 2016).

d. Flores

Las piezas florales tienen pedúnculo y conforman inflorescencias en racimo; está conformada por un gineceo unido al cáliz caracterizado por la presencia de 4 a 5 celdas que contienen uno o más óvulos por lóculo; el androceo tiene un tubo filiforme que culmina en un estigma de poco tamaño. La flor está compuesta por 8 a 10 estambres que están sujetos en la base de la corola. El florecimiento se produce en racimos axilares, aunque a veces se encuentra en las partes terminales. (MINAGRI, 2016).

e. Frutos

Se conoce como una baya de forma redonda, con un diámetro de 7 a 9 mm, su color característico es negro azulado, está protegida por pruina azul y tiene también un vislumbre; la pulpa tiene el color vino y es agridulce. (MINAGRI, 2016).

2.3.4. Fenología reproductiva de *Vaccinium corymbosum*

a. yemas florales

Las yemas reproductivas son circulares, en algunas especies se hallan en las axilas de la hoja. Las yemas vegetativas para iniciar su crecimiento y desarrollo necesitan una etapa de frío más largo que las yemas florales. (Gough, 1994; Rivadeneira *et al.*, 2010).

b. Botones florales

Los botones de florales de los arándanos son más tolerantes al frío que muchas otras variedades de frutas, y las yemas florales hinchada son más resistentes a las bajas temperaturas que los abiertos. A medida que avanza la etapa de floración, las flores se vuelven más susceptibles al daño del frío. (Hicklenton *et al.*, 2002).

c. Floración (antes)

La floración del arándano comienza en las yemas basales. El tiempo de floración depende de la variedad, requiriendo épocas más frescas y épocas más cálidas. La floración temprana puede verse afectada por las heladas primaverales, lo que resulta en menores rendimientos, al tanto que la floración tardía puede retrasar la cosecha. (Kovaleski *et al.*, 2015).

d. Cuajado del fruto

Los arándanos se polinizan dentro de los 4 días posteriores a la floración, después

de que el polen se deposita en el estigma, la fertilización exitosa y el cuajado de frutos están determinados por tres factores: receptividad de las flores, grado de autofertilización y disponibilidad de recursos para la maduración de los frutos. (Brevis *et al.*, 2006).

e. Maduración del fruto

Una vez polinizado, el desarrollo del fruto del arándano sigue una curva exponencial con tres etapas asociadas a diferentes procesos biológicos. En el curso de los primeros 25 días después de la floración, se observa la primera fase, definida por un rápido aumento del pericarpio y el tamaño del fruto, y luego, a los 50-60 días, ocurre la segunda fase (cese del crecimiento). Al inicio de la tercera etapa se nota un cambio en el color del fruto y el inicio de la maduración puede variar de 70-90 días según la variedad. (Godoy *et al.*, 2008; Rivadeneira, 2008).



Figura 1. Etapas fenológicas de *Vaccinium corymbosum* L. A, Botón floral en fase de pre antesis; B, Fases de antesis y caída de pétalos; C, Fases de caída de pétalos y cuaje de frutos; D, Fruto maduro.

Fuente: Mesa (2015).

2.3.5. Variedades

La gran capacidad de adaptación del arándano probablemente es por los procesos de domesticación, hibridación y mejoramiento genético, los mismos que han transcurrido en mucho tiempo. (González, 2017) Estas especies silvestres fueron domesticadas por primera vez en el Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (USDA) en 1911 por Frederick Coville, quien obtuvo con éxito híbridos mediante cruzamiento. (Undurraga y Vargas, 2013).

Estas variedades se distinguen por su forma de crecimiento que está vinculado a la altura de la planta, a su origen y a los requerimientos en horas de frío para crecer y desarrollarse hasta la producción de frutos. Los arándanos altos (*Vaccinium corymbosum* L.), los arándanos bajos (*Vaccinium angustifolium*) y los arándanos ojo de conejo (*Vaccinium ashei*) incluyen especies con una altura de 1,5 a 7 m, al tanto que los arándanos bajos miden 1 m de altura. (Eck *et al.*, 1989). Dentro del crecimiento de los arbustos altos, se pueden dividir en especies del norte y del sur, en relación con su necesidad de resistencia al frío y al invierno. (Ritamelis y Hancock, 2012).

Los arbustos altos del norte se encuentran en áreas más frías de América del Norte, al tanto que los arbustos altos del sur se encuentran en áreas más templadas con menos necesidad de períodos fríos. Los arándanos del sur se desarrollaron en la década de 1980 añadiendo genes que hacen que los arándanos del norte necesiten menos frío. Fueron obtenidos de programas de mejoramiento en Florida y Georgia en Estados Unidos y luego transferidos a otros países como Chile, Argentina, México, España y China. (Lobos y Hancock, 2015). A la hora de plantearse añadir variedades se debe tener en cuenta que no existe una variedad ideal para todos los climas, en vista de que una misma variedad puede tener un comportamiento diferente según el entorno. Por eso es importante no sólo obtener información de otros campos sino incluso desarrollar información específica del sitio. Las principales variedades plantadas en Perú en 2022 son: Ventura 32%, Biloxi 30%, Rocío 7%, Emerald 6% y otras variedades 25%. (Proarandanos, 2022).

a. Características de variedad Biloxi

La variedad Biloxi, pertenece al tipo “arbusto alto”, su domesticación fue a partir de los patrones silvestres *Vaccinium corymbosum* y *Vaccinium darrowii*, en Norteamérica precisamente en Mississippi. *Vaccinium darrowi*, aporta con las características de a poca exigencia en horas frío. Por ello, la variedad Biloxi es la

más requerida por los cultivadores en cuanto tiene la potencialidad de resistir variaciones de temperatura. (Retamales y Hancock, 2012; Mesa, 2015).

Se caracterizan por su crecimiento erecto, vigoroso y estructura arbustiva. El fruto es de gran calidad, madura temprano y tiene un sabor excelente. Prospera en suelos infértiles pero que tengan alto contenido de materia orgánica y reacciona rápidamente a la sobre fertilización por lo que es bien manejado a nivel orgánico, simulando las condiciones de manejo de su origen. (Hernández, 2014).

2.3.6. Condiciones climáticas

Los factores que intervienen en la fisiología del arándano son:

a. Factor luz

La variedad climática del Perú resulta promisorio para el cultivo de esta especie en cualquier época del año; sin embargo, es urgente identificar o trabajar con cultivares que se adapten al fotoperiodo variado en costa, sierra y selva, tener en cuenta que este cultivo tiene un requerimiento de 10 – 12 horas de luz como mínimo. (Parodi, 2017; Febres, 2013).

b. Factor temperatura

El factor térmico es muy importante para que la planta realice su fenología, son recomendables las temperaturas de 24°C. (García y García, 2010). Con temperaturas nocturnas de 10°C y diurnas de 26°C, se obtiene la mejor fructificación. Cabe destacar que el rango óptimo es de 20°C y 25°C. (Rivadeneira y Carlazara, 2011). Debido a los diversos estudios, se ha encontrado variedades con capacidad de adaptación a diversos climas, pero preferentemente zonas que acumulen de 400 a 1200 horas frío. (Gonzales, 2016).

c. Factor agua

Los requerimientos de agua dependen en gran medida de su estructura radicular, en vista de que tienen sistemas radiculares poco profundos y son más sensibles a la falta o exceso de agua del suelo. Por ello, se recomienda que el agua sea sometida a diversos análisis químicos para determinar su calidad. En este cultivo se consideran diferentes sistemas de riego, los cuales son utilizados localmente por la mayoría de los productores en vista de que permite a las plantas mantener la humedad necesaria dentro de los primeros 20 cm del suelo donde se encuentran más comúnmente las raíces. (Undurraga *et al.*, 2013). Los arándanos son muy sensibles a las sales solubles, al exceso de calcio, boro y cloro. Entonces, si el agua tiene inconvenientes de salinidad, o si el agua proviene de la red de

distribución y sufre reacciones químicas, debe tratarse adecuadamente antes de poder usarse para riego. (Carrera, 2012).

d. Factor altitud

Según AREX-Lambayeque, se puede cultivar en altitudes entre 1,000 y 2,500 metros sobre el nivel del mar y el rendimiento será similar a las condiciones de Chile en términos de calidad de fruto. Sin embargo, un documento presentado en el marco de un proyecto de cooperación con la Unión Europea muestra que en Perú se puede cultivar a 3,000 metros de altitud, que es la capacidad máxima en algunas zonas, sin embargo, eso no impide que se le reconozca como titular. Lo anterior fue verificado en 2014 por expertos del sector privado en cultivo de arándanos, quienes concluyeron que el cultivo se puede cultivar en costa, sierra y ceja de selva sin inconvenientes. (MINAGRI, 2016).

e. Factor viento

Presencia de vientos fuertes dominantes provocan brotes caídos, la floración también se ve afectada por la caída de flores y la dificultad para la polinización por insectos, además los frutos pueden presentar daño mecánico. La presencia de estos vientos de la costa se da con intensidad y frecuencia entre los meses de julio a octubre, junto al rocío de esta época, exhibe hojas con presencia y acumulación de polvo y una fruta “sucia” al momento de cosecha, por lo que es necesario considerar lavar con agua a presión para mejorar la capacidad fotosintética de las plantas y la calidad de los frutos a cosechar. También es importante tener en cuenta, el momento de realizar los lavados, éstos pueden ser efectuados cuando no haya mucha fruta madura en el campo, ya que la presión al realizar los lavados puede ocasionar la caída de la fruta. (Sanchez *et al.*, 2024).

2.3.7. Métodos de propagación

a. Propagación por estacas

La propagación se realiza a partir de estacas leñosas o esquejes. Las estacas deben recolectarse en primavera antes de que comience la brotación. Si se toma con anticipación, deben guardarse en bolsa de plástico sellada entre 4 y 7 °C hasta que esté refrigerado, las estacas deben tener yemas de 3 a 5 yemas, de 5 a 7 mm de grosor y unos 12 cm de largo. Debido a la presencia de hojas, este método de propagación debe contar con un sistema para evitar la deshidratación de las estacas. La propagación mediante estacas puede parecer fácil, sin embargo, en la práctica presenta una serie de dificultades que pueden conducir a sistemas

radiculares ineficientes o a la propagación de enfermedades indeseables en los cultivos. (Escalera, 2009).

b. Propagación *in vitro*

Los arándanos se pueden propagar *in vitro* mediante la regeneración de yemas a partir de segmentos de hojas, yemas directas de esquejes, plantas maduras y plantas jóvenes, y varios autores han utilizado diversas vías de regeneración de plantas para producir arándanos grandes. (Barba y Romero, 2001).

2.3.8. Técnicas de producción

a. Cultivo en suelo

Al cultivar arándanos en el suelo, es importante agregar mejorantes para preparar el suelo para la siembra. Normalmente, no todos los suelos son adecuados porque no tienen el pH que requieren los arándanos. En este caso, es necesario utilizar un sustrato especial que contenga nutrientes para que las plantas puedan enraizar correctamente. Los arándanos exhiben un buen crecimiento en suelos de textura arenosa o franco arenosa, porosos y con buenas propiedades oxigenantes. Requiere suelo rico en materia orgánica, ácido y con un pH entre 4 y 5,5. Sin embargo, a valores de pH de 5,6 a 6 se observó un buen crecimiento. Los arándanos no toleran suelos mal drenados en vista de que el encharcamiento puede causar serios inconvenientes al sistema radicular. (Carrera, 2012).

b. Cultivos en bolsas-macetas

Las bolsas tienen una capacidad de 30 a 60 litros, la bolsa negra al absorber más radiación inhibe el crecimiento radicular, las bolsas blancas mantienen las raíces por debajo de los 32°C, permitiendo mayor desarrollo. El bolso debe tener protección UV, ya sea negro o blanco, este es el estándar que se debe seguir a la hora de elegir. Cabe señalar que este sistema utiliza bolsas de plástico no reutilizables, su deterioro depende en gran medida del cuidado que les brinde el productor. Para el manejo en contenedores se debe trabajar con una densidad de 12000 plantas/ha, la cual también podría llegar hasta 14000 plantas/ha, este manejo le confiere una mayor productividad al productor ya que permite reestructurar el diseño de siembra moviendo las macetas y optimizando los espacios; además el control fitosanitario es más eficaz debido a que las plantas son individuales y la propagación de patógenos es menor y finalmente se puede eliminar la planta afectada y ser reemplazada con otra. (Espinoza, 2017). Los arándanos cultivados en contenedores como bolsas o macetas requieren un sustrato poroso y retenido, una conductividad inferior a 1,0 dS/m y un pH ácido.

Estas propiedades potencian el crecimiento y fijación de la raíz. Este tipo de cultivo es promueve un mayor crecimiento en comparación al cultivo tradicional de cultivo en suelo, reportando producciones que duplican en los primeros años; se conoce que a partir del tercer año es mejor la producción en suelo. (Ciordia y García, 2006). Para lograr condiciones óptimas en la zona de las raíces, se emplean sustratos como fibra de coco, cáscara de arroz, turba, compost, humus. Su propósito es proporcionar condiciones para el desarrollo de los cultivos a un costo mínimo. En sacos de 50 litros de capacidad, la mayor proporción es cascarilla de arroz, acompañada de turba de grano fino.

2.3.9. Manejo cultural

a. Poda

Esta labor es importante porque minimiza o restringe el desarrollo del fruto durante los tres primeros años, posibilita el crecimiento vegetativo, mantiene el equilibrio entre el crecimiento vegetativo y el desarrollo radicular, y confiere a la planta tallos fuertes, rectos y abiertos, aumentando la forma, el tamaño y la calidad de la fruta. (Ochoa, 2015). En el cultivo de arándanos existen dos tipos de podas: la poda de limpieza y la poda productiva, que consiste en la eliminación de tallos viejos, tallos improductivos y tallos muertos o enfermos. En el curso del primer año de plantación se deben realizar podas básicas para eliminar las yemas o tallos menores de 3 mm en la base del tallo. (Maticorena, 2017).

b. Riego

Los requerimientos de agua dependen de factores ambientales como el clima, el viento y el tipo de suelo. En suelos arenosos donde se cultivan arándanos se debe aumentar la frecuencia sin embargo reducir el tiempo de riego, de lo contrario cuando el suelo es franco y la retención de agua es alta se puede reducir la intensidad y duración del riego. (Uribe, 2013). Los métodos de riego actuales para los arándanos incluyen microaspersión, riego por goteo y riego por aspersión. Los estudios han demostrado que el riego por goteo mejora el rendimiento y también la calidad de los arándanos, además de aumentar el rendimiento y también la calidad de la fruta. Se recomienda esta forma porque permite optimizar los costos y la eficiencia de aprovechamiento de nutrientes, además que no produce mucho estrés a las plantas por los bajos caudales de riego en un proceso llamado fertirrigación. (Rubio *et al.*, 2010).

c. Fertilización

Generalmente existen dos tipos de fertilización de cultivos, una es la fertilización

foliar y la otra es la fertilización del suelo. El primero de ellos es más efectivo en este cultivo que en el suelo, por lo que se recomienda examinar las plantas cada 2 o 3 años para comprobar la efectividad del programa de fertilización recomendado, ya que cada estado fenológico de una planta tiene diferentes requerimientos de nutrientes. (Rubio *et al.*, 2010).

2.3.10. Enfermedades de *Vaccinium corymbosum*

El arándano es una especie vigorosa, de rápido crecimiento y alto rendimiento, sin embargo, es susceptible a varias enfermedades que pueden afectar su desarrollo, acortar su vida productiva y afectar la calidad y cantidad de la fruta. Las altas densidades de plantas y los altos niveles de nutrientes utilizados para mantener niveles óptimos de producción promueven el desarrollo y la propagación de enfermedades. Por lo tanto, es importante comprender la patología de esta especie para evitar que la enfermedad se propague por sí sola y provoque una disminución en la productividad de las plantaciones. (Undurraga-Vargas *et al.*, 2013).

a. Enfermedades fungosas

- **Manchas en las hojas**

Es causada por *Alternaria tenuissima*, el patógeno responsable de la mayoría de los casos, y provoca manchas foliares marrones. Los síntomas varían y aparecen con mayor frecuencia en los márgenes de las hojas, inclusive produce tizones en ramas y pudrición de frutos. Es un patógeno necrotrófico, lo que significa que mata las células huésped y las utiliza para obtener alimento y energía. (Moschini *et al.*, 2014). Las condiciones favorables para la formación de conidios son precipitaciones superiores a 2 mm, humedad en las hojas durante más de 10 horas y temperaturas entre 18 y 28°C. (Torres *et al.*, 2015).

- **Pudrición de hojas, tallos, flores y frutos**

Los esclerocios causados *Botrytis cinerea* germinan en primavera, produciendo estructuras reproductivas de color plomo que son la principal fuente de inóculo durante el resto de la temporada. Los conidios se encuentran en el aire y pueden colonizar cualquier tejido vegetal excepto las raíces. El hongo puede sobrevivir lejos del tejido sano y en descomposición, lo que aumenta aún más sus posibilidades de multiplicarse. Durante el invierno, el micelio del hongo crece por sí solo y forma esclerocios, que son estructuras negras densas y resistentes. La incidencia y severidad son mayores cuando hay lluvias en primavera y verano,

exceso de nitrógeno en las plantas y daños por heladas. (Undurraga y Vargas et al., 2013).

- **Pudrición de raíces por *Phytophthora***

Causada por *Phytophthora cinnamomi*, causa pudrición de la base de los tallos de los arándanos, con síntomas que implican clorosis de los márgenes de las hojas, enrojecimiento de las hojas, caída de las hojas y falta de vigor. Las plantas enfermas tienen más probabilidades de dejar caer flores y producir frutos pequeños y ácidos. (Torres et al., 2015). Las raíces infectadas mostrarán una necrosis radicular en las raíces secundarias que pueden progresar hasta un ennegrecimiento completo con una corteza que se desprende fácilmente y exhiben un centro de color marrón oscuro. (Francia et al., 2013).

- **Roya**

El agente causal es *Naohidemycetes vaccinii*, que provoca ampollas anaranjadas en el envés de las hojas. Las plantas gravemente infectadas sufrirán defoliación. Suele ser una enfermedad menor que tiene poco impacto en el rendimiento.

b. Enfermedades bacterianas

- **Enanismo o achaparramiento**

El patógeno es una bacteria que hace que los arbustos infectados queden gravemente enanizados y tengan ramas tupidas en la base de la planta debido a los entrenudos acortados de la caña. Las hojas parecen copas invertidas con bordes y nervaduras centrales cloróticas (amarillentas). Los frutos de plantas infectadas maduran tarde o no maduran en absoluto. En otoño, las áreas cloróticas de las hojas se vuelven de color rojo brillante. (Annemiek et al., 2021)

c. Enfermedades virales

- **Quemadura o chamuscado (Virus del chamuscado del arándano)**

Las plantas enfermas producen necrosis y caída de improvisto de hojas y flores. Los ramilletes florales quemados a veces están soldados a las ramas hasta el verano brindando un aspecto de afectación por helada o por tizón de *Botrytis*. Una infección grave ocasiona mortalidad de las plantas. (Annemiek et al., 2021).

- **Mancha necrótica anular (virus de la mancha anular del tabaco)**

Las hojas de los arbustos infectados están retorcidas, rizadas o arrugadas y cubiertas de pequeñas manchas rojas o necróticas. El tejido moteado puede colapsar, dejando hojas picadas que parecen "agujeros de bala". Algunos cultivares muestran formación de rosetas en las hojas terminales o muerte regresiva de los crecimientos. Los arbustos infectados muestran una disminución

constante en su crecimiento y productividad durante varios años. (Annemiek *et al.*, 2021).

d. Insectos plaga de la planta de arándano

- ***Heliothis virescens* “gusano perforador del fruto”**

En estado adulto son de hábitos nocturnos, las hembras ovipositan individualmente en brotes, botones florales, flores y frutos. Las larvas perforan frutos, los que se contaminan por sus heces y otros patógenos. Los frutos dañados se pudren y caen, a su vez pueden generar defoliación. (Rojas *et al.*, 2016).

- ***Ceratitis capitata* “mosca de la fruta”**

cuando las moscas de la fruta ovopositan en la superficie de la fruta, crean una entrada para hongos y bacterias que descomponen la pulpa de los arándanos, por otro lado, las larvas de *Ceratitis capitata* se alimentan de la pulpa de los frutos generando caídas prematuras y ocasionando pérdidas económicas. (Torre *et al.*, 2015).

- ***Tetranychus urticae* “arañita roja”**

Las hembras y los machos son de color rojo oscuro. Se reproducen tanto sexual como partenogenéticamente, y podemos encontrarlos en la parte superior de hojas, brotes tiernos y frutos. Se reúnen en espesas colonias en forma de red. Al alimentarse rompe con sus estiletes la superficie de las hojas dañando células del mesófilo lo cual afecta la transpiración, la fotosíntesis y el crecimiento de la planta y sus frutos. Sus principales síntomas son hojas moteadas o con manchas amarillas en el haz y en el envés. Las hojas afectadas pierden color, pueden tener tonos rojizos y secarse completamente. (Gucule *et al.*, 2012).

- ***Anomla sp***

El estadio larvario es de color blanco lechoso, curvado o en forma de "C", de tamaño grande y con la cabeza de color amarillo rojizo, por lo que se le llama gusano blanco. Normalmente se encuentra a 30 cm bajo tierra, las larvas se alimentan de las hileras o la parte superior de las raíces y tallos de los arándanos, y a menudo matan las plantas jóvenes y frágiles. Como resultado, las plantas atacadas exhiben signos de estrés hídrico y crecimiento reducido, y las heridas por mordedura son susceptibles a enfermedades fúngicas. (Torre *et al.*, 2015).

- ***Trips tabaco***

Estos insectos presentan un tamaño muy pequeño, al estado adulto pueden variar entre 0,8 y 2 mm, se reproducen sexualmente y por partenogénesis, las hembras insertan los huevos bajo los tejidos vegetales, forman capullos en

ramillas tiernas de crecimiento estacional. Las larvas y los adultos se alimentan de los tejidos tiernos a través de su estilete, son vectores de enfermedades ya que pueden transportar hongos, bacterias y virus. (Torre *et al.*, 2015).

e. Otros: Aves y roedores

la ubicación del cultivo en una zona de valle asegura la presencia de una variedad de aves que son dañinas para el cultivo de arándanos, en vista de que se acercan para comerse la fruta madura y dejan atrás otras frutas picadas o dañadas, lo que aumenta el desperdicio de la cosecha. para compensar este impacto. En este problema se utilizan mallas alrededor de todo el contorno del cultivo, con el único fin de proteger a las aves. Se recomienda aplicar esta red para pájaros antes de plantar, en vista de que los pájaros se sentirán atraídos por los tallos de arroz y se esconderán en las macetas, dejando agujeros en las macetas o exponiendo partes de las raíces de la planta. La presencia de roedores silvestres incluso es un factor que afecta a los cultivos, en vista de que muchos de ellos se meten en las macetas, provocando agujeros y dañando directamente el sistema radícula. (Sánchez *et al.*, 2024).

2.3.11. Importancia agroecológica y económica

La producción de arándanos ha aumentado significativamente en los últimos años debido al aumento de la demanda y la popularidad mundial. Los arándanos son una fruta delicada que requiere un clima y un suelo específicos para crecer. Por lo tanto, la mayor parte de la producción de arándanos se concentra en zonas con climas templados y suelos ácido. La producción de arándanos incluso tiene aplicaciones ecológicas, en vista de que protege el suelo de la erosión y posibilita la formación de humus. (FAO, 2017).

a. Alimenticio

El aprovechamiento más común de esta planta es como fruto por su sabor y valor nutritivo, se pueden utilizar en jugos, yogures, mermeladas, helados, caramelos, jaleas, frutos secos, vino y extractos encapsulados. (FAO, 2017).

b. Medicinales

El valor nutricional y los beneficios de la fruta, como ser baja en grasas saturadas y colesterol; ser rica en fibra y buena fuente de vitamina C, potasio y calcio, han hecho que se incremente su consumo e inclusión en la dieta diaria. Según el Colegio de Nutricionistas CR IV de Lima, esta fruta contiene una gran cantidad de antioxidantes que mantienen nuestra piel tersa, ayudan a anticipar enfermedades oncológicas y mantienen las arterias sanas. (MINAGRI, 2020).

Tabla 3. Valor nutricional de *Vaccinium corymbosum* “arándano”

Valor nutricional por 100 g de materia de arándanos			
Agua (g)	87,4	Vitamina A (UI)	30
Proteínas (g)	0,3	Vitamina B1 (mg)	0,014
Fibras (g)	1,7	Vitamina B2 (mg)	0,0024
Calorías (Kcal)	42	Vitamina B6 (mg)	0,012
Ácido	0,2	Vitamina C (mg)	12
Nicotínico (mg)	2	Hierro (mg)	0,5
Sodio (mg)	2	Cobre (mg)	0,26
Potasio (mg)	14	Fosforo (mg)	10
Calcio (mg)	6	Cloro (mg)	4

Fuente: MINAGRI, 2020.

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Ubicación de la zona de estudio

El estudio se realizó en el Fundo Santiago de Huatatas, predio de la empresa Ayacucho Berries.

3.1.1. Ubicación geográfica

El cultivo de arándanos se encuentra en las siguientes coordenadas geográficas.

Altitud : 2600 m.s.n.m

Latitud Sur : 13° 09' 29"

Longitud Oeste : 74° 11' 30"

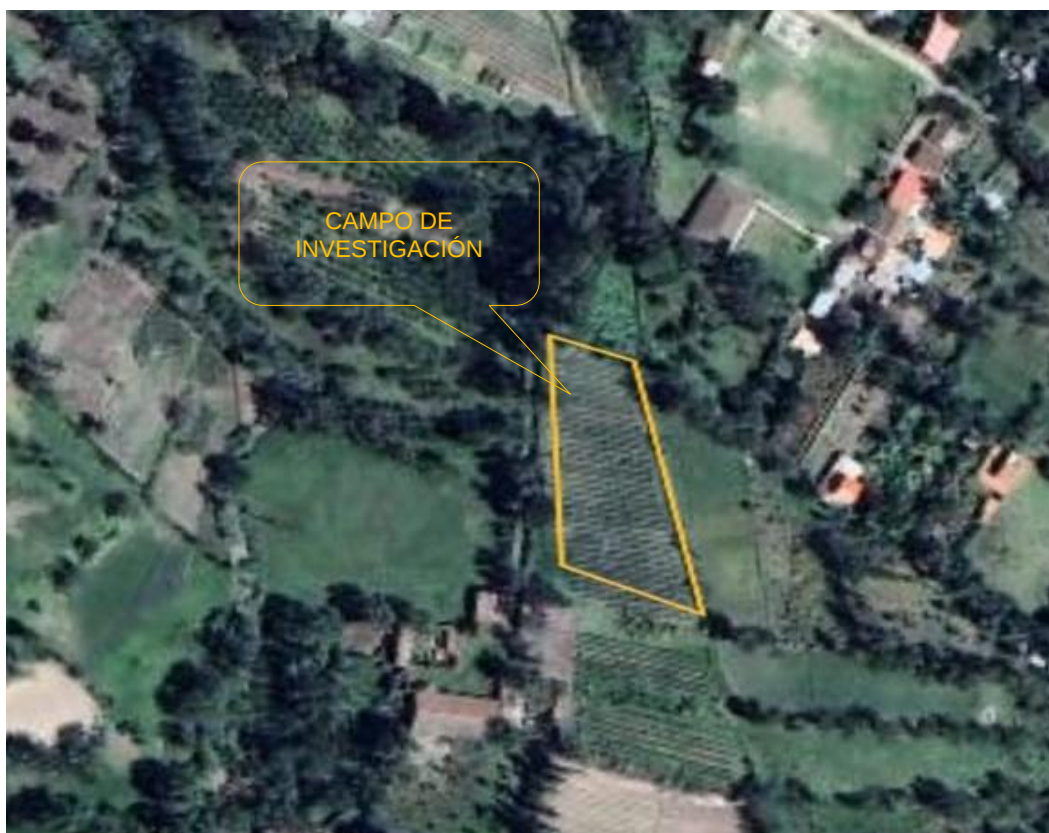


Figura 3: Fundo Santiago de Huatatas, distrito de Andrés Avelino Cáceres Dorregaray, Provincia de Huamanga, departamento Ayacucho.

Fuente: Google earth

3.1.2. Ubicación política

Departamento : Ayacucho
Provincia : Huamanga
Distrito : Andrés Avelino Cáceres Dorregaray
Lugar : Fundo Santiago de Huatatas

3.1.3. Descripción del ambiente

La temperatura promedio anual en Ayacucho es de 16 °C, la temperatura máxima promedio anual es de 24 °C y la temperatura mínima anual es de 8,4 °C, siendo el verano el período más cálido, lluvioso y frío. Las heladas invernales se producen en junio y julio. La precipitación total en la zona es de 572,9 mm, presentándose la precipitación máxima de octubre a marzo. (Roque, 2019).

3.2. Población y muestra

3.2.1. Población

La población estuvo constituida por 2800 plantas de *Vaccinium corymbosum* “arándano” variedad Biloxi del Fundo Santiago de Huatatas.

3.2.2. Muestra

La muestra fue determinada por conveniencia debido al interés del estudio, se evaluaron 3 épocas de muestreo, para ello se seleccionaron 10 plantas con características homogéneas y con idéntico desarrollo vegetativo. Además, en cada planta se seleccionaron 3 ramas, haciendo un total de 90 ramas apicales (yema floral hinchada).

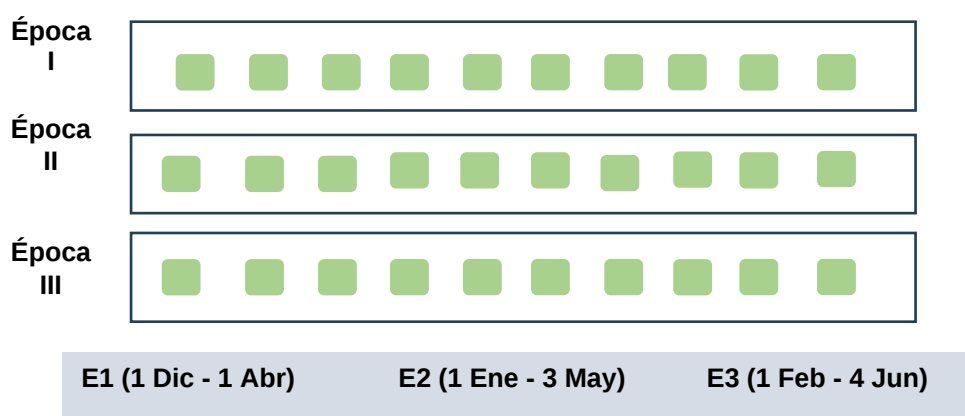


Figura 3: Esquema de muestreo en el Fundo Santiago de Huatatas, distrito de Andrés Avelino Cáceres Dorregaray, Provincia de Huamanga, región Ayacucho.

3.3. Diseño metodológico

3.3.1. Diseño de campo experimental

Las dimensiones y características del campo experimental fueron:

- Numero de épocas : 3
- Número de plantas : 10 plantas
- Número de repeticiones : 3 ramas x planta
- Número de fases fenológicas : 6
- Área total del campo : 784 m²

3.3.2. Observaciones de la fenología reproductiva

a. Identificación de las yemas florales hinchadas

La ejecución de la investigación se realizó de diciembre 2023 a junio 2024, en arándanos de la variedad Biloxi de 6 años de edad, para ello, se realizó la ubicación de diez plantas con banderines de color rojo, luego se procedió a marcar con listones de colores tres ramas con yema floral hinchada en cada planta, para su rápida ubicación al momento de evaluar.

Se seleccionaron y se marcaron 3 ramas con yemas florales hinchadas en cada planta en 3 épocas teniendo un total de 90 ramas con yemas florales hinchadas, tomando en cuenta su forma pomposa con la finalidad de evitar las confusiones con las yemas vegetativas.

b. Frecuencia y hora en que se realizaron las observaciones fenológicas

Las observaciones se llevan a cabo cada dos días durante la etapa de emergencia de las yemas florales, mientras que, para las etapas de, floración y cuajado que tienen una duración muy corta se llevó a cabo diariamente y luego a partir del cuajado del fruto se continuo con las observaciones interdiarias. El horario de observación fue alrededor de las 07:00 am, hora en la que se registra la temperatura mínima, con la finalidad de que los datos fenológicos registrados correspondan a la misma hora de observación. Los métodos utilizados están recomendados en el Manual de Observaciones Fenológicas. (Yzarra y López 2011).

c. Registro de las fechas

Se registraron las fechas en las que ocurrieron las siguientes transformaciones visibles durante la fenología reproductiva de *Vaccinium corymbosum* “arandano”:

- Aparición de yema floral hinchada (bractéolas cerradas, forma pomposa).
- Yema floral abierta (aparición de ápices florales).
- Botón floral (corolas cerradas).
- Floración (corolas abiertas).
- Cuajado (caída de corolas).
- Madurez del fruto (90 % de coloración en el pericarpio)

Se registraron también la duración en días, las etapas fenológicas de Yema Floral Hinchada a Yema Floral Abierta (YFH-YFA), Yema Floral Abierta a Botón Floral (YFA-BF), Botón Floral a Floración (BF-F), Floración a Cuajado (F-C), Cuajado a Maduración, así como el periodo reproductivo completo Yema Floral Hinchada a Madurez del fruto (B-M).

3.3.3. Obtención de datos meteorológicos

Los datos climáticos como temperatura (máxima y mínima) diaria se obtuvieron de la caseta meteorológica temporal instalado en el Fundo Santiago de Huatatas. La caseta meteorológica se construyó de madera pintada de blanco para evitar demasiada radiación, sus dimensiones (50x 40), paredes de tipo persiana para permitir la circulación del aire, techo con un ángulo para evitar que las precipitaciones ingresen y, con un sistema de fijación al suelo de 1 m de altura. La caseta se instaló al centro del cultivo de arándanos con la puerta orientada hacia el sur para evitar que los rayos solares incidan en los termómetros.

3.3.4. Cálculo de constante térmica en Grados - Día Desarrollo (GDD)

Para calcular el Grado-Día-Desarrollo que el fruto necesita acumular para cada fase, subperiodo y periodo completo de la fenología, se utilizó el método residual aplicado por Martínez-Ruiz, 2017, el cual se basa en la siguiente ecuación:

$$\Sigma GDD = \left(\frac{T_{max} - T_{min}}{2} \right) - T_{base}$$

Dónde:

Tmax = temperatura máxima diaria

Tmin = temperatura mínima diaria

Tbase = temperatura base o cero vital para el arándano (7°C)

(7°C) se utilizó, por ser el valor empleado por (Undurraga, 2013).

3.4. Tipo de investigación

La investigación realizada fue de tipo básico – descriptivo, porque no se manipularon los variables, se basó fundamentalmente en la observación de los diferentes cambios fenológicos del arándano y como se vieron afectados por la acumulación de calor.

3.5. Diseño de investigación

La investigación se desarrolló bajo un diseño completamente al azar (DCA), donde cada tratamiento (épocas) está integrado por 10 plantas con tres repeticiones en cada uno.

3.6. Análisis estadístico

Con los resultados obtenidos se creó una base de datos, posteriormente utilizo el programa InfoStat versión 2020 para realizar una prueba ANOVA al 95% de nivel de confianza y la prueba de Tukey para comparar las medias.

IV. RESULTADOS

Tabla 3. Valores promedio de constante térmica acumulada por planta para las fases fenológicas reproductivas de *Vaccinium corymbosum*, Huamanga- Ayacucho (Dic 2023 – Jun 2024).

PLANTA/FASES	Grado-Día-Desarrollo (GDD)				
	Yema floral abierta	Botón floral	Floración	Cuajado	Maduración
P1	369,0 a ^z	490,6 a	557,2 a	614,8 a	1621,7 a
P2	370,3 a	490,6 a	558,8 a	619,2 a	1623,6 a
P3	368,9 a	490,6 a	557,2 a	617,7 a	1624,6 a
P4	367,4 a	490,6 a	558,8 a	619,1 a	1623,5 a
P5	367,3 a	490,6 a	558,8 a	616,1 a	1620,8 a
P6	371,9 a	490,6 a	557,2 a	616,4 a	1623,1 a
P7	368,8 a	490,6 a	555,8 a	617,9 a	1624,8 a
P8	367,4 a	490,6 a	555,7 a	619,2 a	1624,8 a
P9	370,2 a	490,6 a	557,4 a	616,6 a	1623,6 a
P10	371,7 a	489,0 a	557,4 a	616,8 a	1620,8 a
Promedio	369,3	490,4	557,4	617,4	1623,1
DMS^y	9,2	4,0	6,1	9,6	7,0
CV^x	1,6	0,5	0,7	1,0	0,3

^z Valores con la misma letra dentro de columnas son estadísticamente iguales (Tukey, $p > 0.05$) ^yDMS: diferencia mínima significativa, ^x CV: coeficiente de variación.

Tabla 4. Valores promedio de constante térmica acumulada por épocas para las fases fenológicas reproductivas de *Vaccinium corymbosum*, Huamanga- Ayacucho (Dic 2023 – Jun 2024).

ÉPOCA/FASES	Grados-Día- Desarrollo (GDD)				
	Yema floral abierta	Botón floral	Floración	Cuajado	Maduración
E1	369,2 a ^z	490,5 a	557,5 a	617,3 a	1623,4 a
E2	369,3 a	490,4 a	557,3 a	617,3 a	1623,1 a
E3	369,3 a	490,3 a	557,4 a	617,5 a	1622,9 a
Promedio	369,3	490,4	55,4	617,4	1623,1
DMS^y	3,7	1,6	2,5	3,8	2,8
CV^x	1,6	0,5	0,7	1	0,3

^z Valores con la misma letra dentro de columnas son estadísticamente iguales (Tukey, $p > 0.05$) ^yDMS: diferencia mínima significativa, ^x CV: coeficiente de variación.

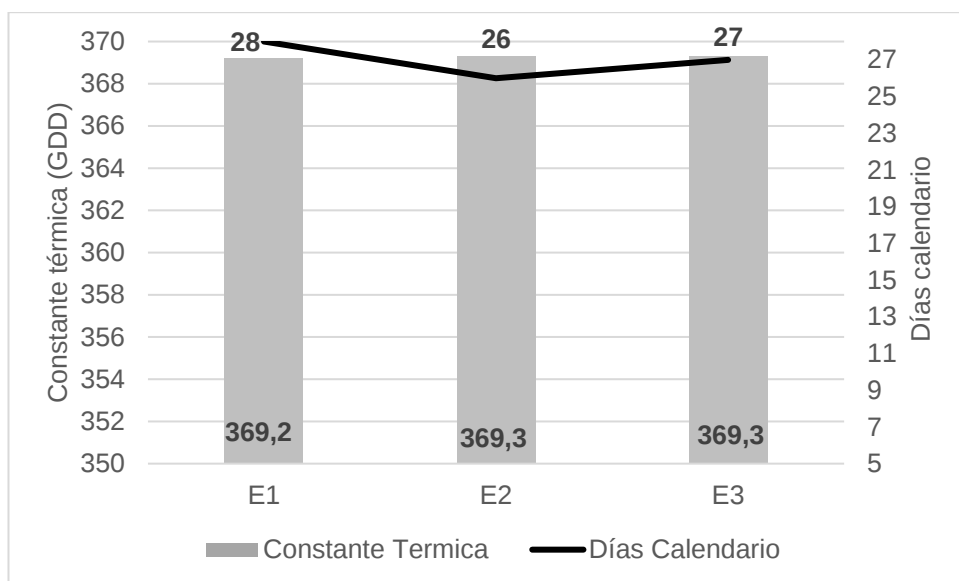


Figura 4. Comparación del valor medio térmico total acumulado y duración en días para la fase **Yema Floral Abierta** (YFA) de *Vaccinium Corymbosum*- arándano en Huamanga, Ayacucho (2023-2024).

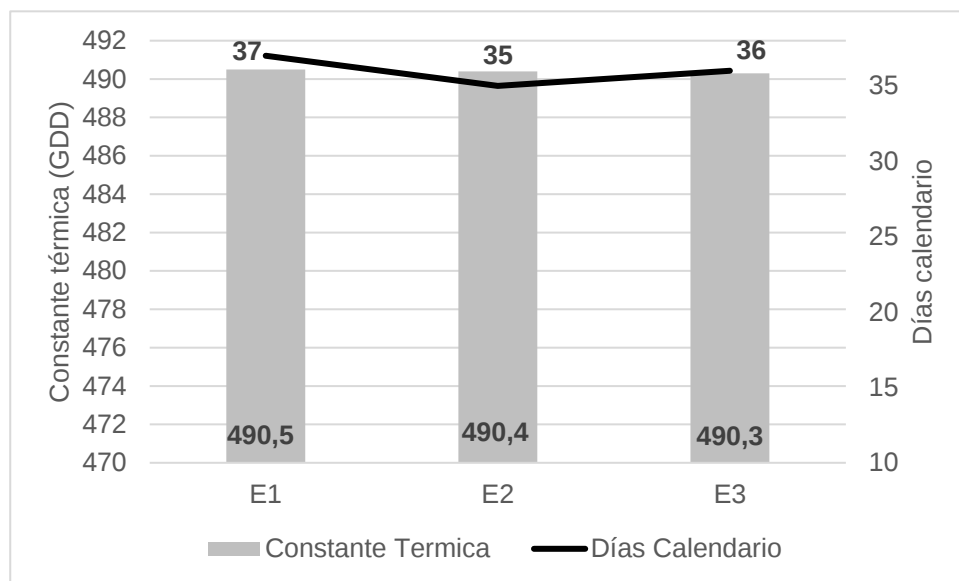


Figura 5. Comparación del valor medio térmico total acumulado y duración en días para la fase **Botón Floral** (BF) de *Vaccinium Corymbosum*- arándano en Huamanga, Ayacucho (2023-2024).

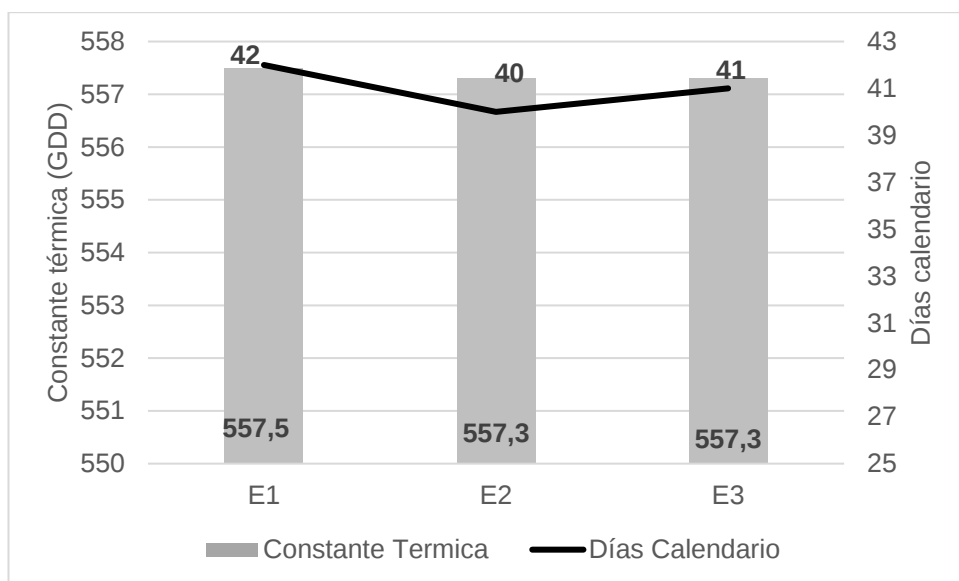


Figura 6. Comparación del valor medio térmico total acumulado y duración en días para la fase **Floración** (F) de *Vaccinium Corymbosum*- arándano en Huamanga, Ayacucho (2023-2024).

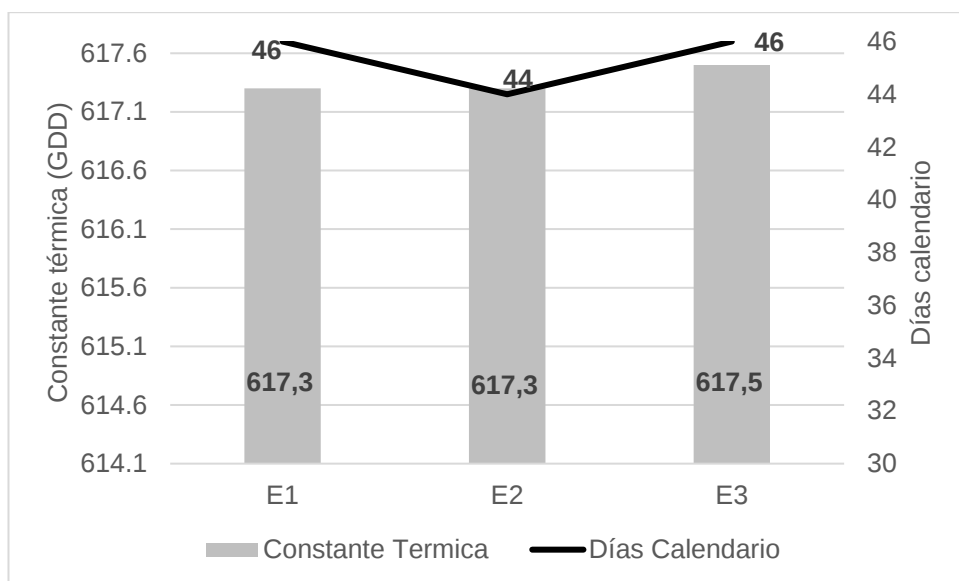


Figura 7. Comparación del valor medio térmico total acumulado y duración en días para la fase **Cuajado** (C) de *Vaccinium Corymbosum*- arándano en Huamanga, Ayacucho (2023-2024).

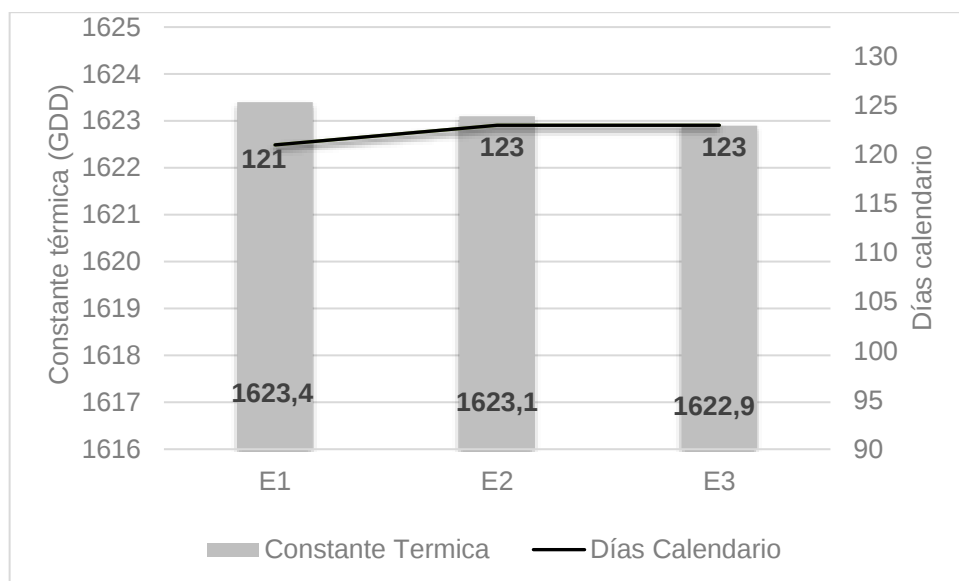


Figura 8. Comparación del valor medio térmico total acumulado y duración en días para la fase **Maduración** (M) de *Vaccinium Corymbosum*- arándano en Huamanga, Ayacucho (2023-2024).

Tabla 5. Constante térmica promedio por etapa fenológica de diez plantas de *Vaccinium corymbosum* en Huamanga- Ayacucho (Dic 2023 – Jun 2024).

PLANTA/ETAPA	YFH-YFA	YFA-BF	BF-F	F-C	C-M	YFH-M
P1	369,0 a ^z	135,2 a	80,6 a	70,0 a	1016,8 a	1621,6 a
P2	370,3 a	133,6 a	82,1 a	72,9 a	1017,7 a	1623,6 a
P3	368,9 a	135,2 a	80,6 a	73,0 a	1020,2 a	1624,6 a
P4	367,4 a	136,8 a	82,1 a	72,8 a	1013,9 a	1623,5 a
P5	367,3 a	136,7 a	82,1 a	70,5 a	1014,3 a	1620,8 a
P6	371,9 a	132,3 a	80,6 a	72,1 a	1017,9 a	1623,1 a
P7	368,8 a	135,2 a	79,2 a	71,8 a	1018,0 a	1624,8 a
P8	367,3 a	136,7 a	79,0 a	76,1 a	1016,5 a	1624,8 a
P9	370,2 a	133,7 a	80,7 a	71,8 a	1019,6 a	1623,6 a
P10	371,7 a	132,2 a	80,7 a	72,1 a	1018,0 a	1620,8 a
Promedio	369,3	134,8	80,8	72,3	1017,3	1623,1
DMS^y	9,2	10,5	6,8	10,2	10,5	6,9
CV^x	1,6	5,1	5,5	9,2	0,7	0,3

(YFH-YFA Yema Floral Hinchada-Yema Floral Abierta, YFA-BF Yema Floral Abierta-Botón Floral, BF-F Botón Floral-Floración, F-C Floración-Cuajado, C-M Cuajado-Maduración, YFH-M Yema Floral Hinchada-Maduración).

^z Valores con la misma letra dentro de columnas son estadísticamente iguales (Tukey, $p > 0.05$) ^y DMS: diferencia mínima significativa, ^x CV: coeficiente de variación.

Tabla 6. Constante térmica promedio por etapa fenológica en épocas de muestreo de *Vaccinium corymbosum* en Huamanga- Ayacucho (Dic 2023 – Jun 2024).

ÉPOCA/ETAPA	YFH-YFA	YFA-BF	BF-F	F-C	C-M	YFH-M
E1	369,2 a ^z	134,5 a	80,7 a	73,0 a	1019,5	1623,4
E2	369,3 a	134,8 a	80,6 a	70,6 a	1014,5	1623,1
E3	369,3 a	135,0 a	81,0 a	73,3 a	1017,8	1622,9
Promedio	369,3	134,8	80,8	72,3	1017,3	1623,1
DMS^y	3,7	4,2	2,7	4,0	4,0	2,8
CV^x	1,6	5,0	5,4	8,9	0,6	0,3

(YFH-YFA Yema Floral Hinchada-Yema Floral Abierta, YFA-BF Yema Floral Abierta-Botón Floral, BF-F Botón Floral-Floración, F-C Floración-Cuajado, C-M Cuajado-Maduración, YFH-M Yema Floral Hinchada-Maduración).

^z Valores con la misma letra dentro de columnas son estadísticamente iguales (Tukey, $p > 0.05$) ^y DMS: diferencia mínima significativa, ^x CV: coeficiente de variación.

Tabla 7. Duración en días de la etapa fenológica por época de *Vaccinium corymbosum* en Huamanga- Ayacucho (Dic 2023 – Jun 2024).

ÉPOCA/ETAPA	YFH-YFA	YFA-BF	BF-F	F-C	C-M	YFH-M
E1	28 a ^z	9 a	4 a	4 a	75 a	122 a
E2	26 b	8 b	5 b	4 a	79 b	123 b
E3	27 c	9 a	4 a	5 b	77 c	123 c
Promedio	27	9	5	4	77	123
DMS ^y	0,3	0,3	0,2	0,3	0,4	0,3
CV ^x	1,7	5,5	6,3	10,4	0,8	0,3

(YFH-YFA Yema Floral Hinchada-Yema Floral Abierta, YFA-BF Yema Floral Abierta-Botón Floral, BF-F Botón Floral-Floración, F-C Floración-Cuajado, C-M Cuajado-Maduración, YFH-M Yema Floral Hinchada-Maduración).

^z Valores con la misma letra dentro de columnas son estadísticamente iguales (Tukey, $p > 0.05$) ^y DMS: diferencia mínima significativa, ^x CV: coeficiente de variación.



YFH	YFA	BF	F	C	M
Yema Floral Hinchada Se observa brotación e hinchazón del capullo floral (bractéolas cerradas).	Yema Floral Abierta Separación de bractéolas y aparición de ápices florales.	Botón Floral Aparición de sépalos y desarrollo de las corolas que permanecen cerradas.	Floración Las flores tienen 5 pétalos unidos, es decir, son gamopétalas, también se muestra un pistilo sobresaliente de las corolas abiertas.	Cuajado Las corolas caen y una vez fecundado el ovulo comienza el desarrollo del fruto.	Maduración 100 % de coloración purpura en el epicarpio, como consecuencia de pigmentos antociánicos. Se observa un manto blanquecino (cera natural) llamado pruina que el cubre el fruto.

Figura 9. Descripción de la fenología reproductivas de *Vaccinium corymbosum* —arándano en el Fundo Santiago de Huatatas, Huamanga. Ayacucho. 2023-2024.

V. DISCUSIÓN

Constante térmica para la fase yemas florales abiertas y su duración en días

Para determinar la constante térmica de cada fase fenológica reproductiva en grados-días-desarrollo (GDD), se realizó mediante el método residual utilizando 7 °C como temperatura base, determinado por la temperatura mínima promedio que se alcanza en el departamento de Ayacucho, basándonos en las recomendaciones de (Undurraga, 2013), cabe recalcar que esta temperatura base y los grados día acumulados varían dependiendo del estado de desarrollo del cultivo y la variedad evaluada (Buitrago et al., 2024).

La Figura 4 muestra que la emergencia de las yemas florales de algunas ramas de *Vaccinium corymbosum*, iniciaron a los 27 días a una temperatura máxima entre 22,7 a 31,7 °C y temperatura mínima entre 5,6 a 13, 9°C. (García y García, 2010) confirma nuestros resultados afirmando que el arándano forma yemas productivas con temperaturas entre 27 °C. Partiendo de que cada fase de desarrollo de un cultivo requiere un mínimo de acumulación de calor para llegar a su término y que la planta pueda pasar a la fase siguiente (Soto et al., 2009). El calor que requiere acumular la fase de yema floral abierta y pueda pasar a la siguiente fase que es la de botón floral es de 369 GDD. Nuestros resultados no coincidieron con lo reportado por Edgardo (2018) en su tesis realizada en Argentina, que determinó 155 GDD para la variedad Giorgia Gem y 176 GDD para la variedad Blue Cuinex, la diferencia de unidades de calor se puede asumir que es consecuencia de las características genéticas de las variedades. En la prueba estadística análisis de varianza (ANVA), los valores de la variable constante térmica acumulada desde Yema Floral Hinchada hasta yema floral abierta resultaron ser no significativas ($p\text{-valor} > 0,05$) entre épocas, tal como muestra en la tabla 2 columna 1.

Constante térmica para la fase botones florales y su duración en días

La Figura 5 se observa que la constante térmica promedio acumulada en la fase de botones florales fue de 490 GDD y 36 días. Edgardo (2018) quien realizó su estudio en arándanos señala que la variedad Georgia Gem acumuló 315 GDD y 356 GDD la variedad Blue Cuinex, las cuales no coinciden con nuestros resultados. Esta diferencia concuerda con Roque (2019), cuando menciona que la constante térmica es significativa entre variedades.

En la prueba estadística análisis de varianza (ANVA), los valores de la variable constante térmica acumulada desde Yema Floral Hinchada hasta Botón Floral resultaron ser no significativas ($p\text{-valor} > 0,05$) entre épocas, tal como muestra en la tabla 2 columna 2.

Constante térmica para la fase de floración y duración en días

La Figura 6 reporta la acumulación de calor que requiere la fase de floración para pasar a la siguiente. Según dichos resultados, podemos evidenciar que las constantes térmicas son similares entre épocas, reportando en la época 1 (E1) 557,5 GDD y 42 días, 557,3 y 40 días para época 2 (E2) y 557,3 GDD y 41 días para la época 3 (E3). Al realizar el análisis de varianza (ANVA) se pudo evidenciar que no existen diferencias significativas, tal como muestra en la tabla 2 columna 3.

Constante térmica para la fase de cuajado y su duración en días

En cuanto a la fase de cuajado, en la época 1 el arándano requirió 46 días para acumular 617,3 GDD, 44 días para acumular 617,3 GDD en la época 2 y 46 días para acumular 617,5 GDD en la época 3; a diferencia de lo que ocurre en la época 3, en la época 2 tardó menos tiempo (44 días) para acumular el mismo valor de constante térmica que la época 1 (46 días), lo cual indica que la constante térmica es más precisa que los días calendario tal como menciona Parra *et al.*, (2015),

Constante térmica para la fase de maduración y su duración en días

Se requiere 1623 GDD y 125 días para llegar de yema floral hinchada a cosecha del fruto (Figura 8). En tanto Martínez *et al.*, (2017) señala que la feijoa que es un arbusto al igual que el arándano necesita acumular 2651 GDD y 185 días desde botón floral a cosecha. Mientras que Edgardo (2018) señala que la variedad Georgia Gem acumuló 1423 GDD y 1885 GDD la variedad Blue Cuinex, mostrando que no hay coincidencia con nuestros resultados a pesar de que pertenecen al mismo género.

En la prueba estadística análisis de varianza (ANVA), los valores de la variable constante térmica acumulada desde Yema Floral Hinchada hasta la maduración del fruto resultaron ser no significativas ($p\text{-valor}>0,05$) entre épocas, tal como muestra en la tabla 2 columna 4.

Duración en días de las etapas fenológicas

La tabla 5 se muestra los promedios de duración en días, en cada subperiodo y periodo de las fases fenológicas reproductivas de *Vaccinium corymbosum*, fueron necesarios 27 días para llegar de Yema Floral Hinchada hasta Yema Floral Abierta, 9 días de Yema Floral Abierta a Botón Floral, 5 días de Botón Floral a Floración, 4 días de Floración a Cuajado, 77 días de Cuajado a Maduración y 123 días para el periodo completo. Martínez *et al.*, (2017) señala que *Acca sellowiana* “feijoa” necesitó 15 días para pasar de botón floral a antesis, 9 días de antesis a cuajado, 164 días de cuaje a cosecha y 188 días para el periodo completo desde botón floral a cosecha, también menciona que se obtuvieron temperaturas medias diarias altas a menor altitud (1800 msnm), por lo que se requiere menos días calendario para llegar a la cosecha. Al respecto y en concordancia con lo mencionado, Soto *et al.*, (2009), quien estudio en trigo harinero señala que existió diferencias significativas en la duración en días de un cultivo, también menciona que las altas temperaturas aceleraron la finalización del desarrollo fenológico y que las bajas prolongaron la duración.

Constante térmica para cada subperiodo

Gastiazzoro, menciona que la constante térmica también puede calcularse para cada subperíodo. La tabla 3 y 4 muestra la constante térmica para las siguientes etapas: 369 GDD para la etapa de YFH-YFA, para la etapa de YFA-BF 135 GDD, para la etapa de BF-F 81 GDD, para la etapa F-C 72 GDD, para la etapa de C-M 1017 GDD y, 1623 GDD para el periodo completo. Al realizar la comparación entre plantas (tabla 3) y épocas (tabla 4) no existen diferencias significativas en las constantes térmicas, nuestros resultados coinciden con los resultados de Martínez *et al.*, (2017) y Soto *et al.*, (2009) cuando reportan que la constante térmica resultante no varía en las etapas ni en los ciclos 2013 y 2014 en la investigación realizada en los cultivos *Hylocereus undatus* “pitahaya” y “trigo”. Roque (2019) también menciona que no existe diferencias significativas en los requerimientos térmicos entre épocas, pero si entre variedades cuando determinó la constante térmica en dos variedades de amaranto.

Diversos estudios realizados concluyeron que si se suma la temperatura media diaria desde el día en que se produce la germinación hasta el momento de la madurez, la suma total es siempre la misma cualquiera haya sido la ubicación del cultivo y el año considerado

Descripción de la fenología reproductiva de *Vaccinium corymbosum*

Mesa (2014) en su tesis relacionada con las fases fenológicas del arándano menciona las siguientes: yema floral abierta, botón floral en fase de pre antesis, floración, Cuajado y maduración), las cuales coinciden con nuestros resultados tal como se describe en la figura 9.

En la investigación se evidenció que al registrar las temperaturas en el mes de junio descendieron hasta $-2,3^{\circ}\text{C}$, razón por la cual el cultivo de arándanos sufrió daño por helada, todas las fases reproductivas sufrieron daño sin excepción, coincidiendo con lo reportado por Merlet y Etign. (1989), quien menciona que la temperatura crítica o de daño por heladas en arándanos es de -1°C y que las fases más sensibles a esta son la floración y los frutos, también afirma que el umbral mínimo para el crecimiento es de $7,0^{\circ}\text{C}$, la temperatura óptima de crecimiento es 16 a 25°C y el límite máximo de temperatura de crecimiento es de 33°C .

Según los datos climatológicos correspondientes a la Estación Meteorológica de INIA, propiedad de la oficina de OPEMAN del Gobierno Regional de Ayacucho.

Durante el periodo reproductivo de *Vaccinium corymbosum* (diciembre 2023 a junio 2024) la temperatura máxima fue de 28.2°C y la temperatura mínima de 7°C ; mientras que en la estación meteorológica instalada en el campo de arándanos se registraron una temperatura máxima de 32°C y una temperatura mínima de 2°C . Estas diferencias se pueden asumir que es como consecuencia de la altitud y latitud que influyen en la variación de la temperatura.

VI. CONCLUSIÓN

1. Los resultados mostraron que la constante térmica en cada fase fenológica reproductiva no vario estadísticamente entre épocas, el calor que requiere acumular la fase de yema floral abierta para pasar a la siguiente fase es de 369 GDD y 27 días a partir de yema floral hinchada, 409 GDD y 36 días para la fase de botón floral, 557 GDD y 41 días para la fase de floración, 617 GDD y 45 días para la fase de cuajado y para alcanzar la madurez acumulo 1623 GDD en 125 días.
2. En lo que respecta al número de días requeridos para la etapa de YFH-YFA fue de 27 días, para la etapa de YFA-BF el número de días fue 9 días, para la etapa de BF-F el número de días fue 5 días, para la etapa de F-C el número de días fue de 5 días, para la etapa de C-M el número de días fue de 80 días y para completar el periodo reproductivo (Yema Floral Hinchada – madurez fisiológica) fue de 125 días.
3. Se describió la fenología reproductiva de *Vaccinium corymbosum* “arandano” Yema floral hinchada (bractéolas cerradas), Yema floral abierta (aparición de ápices florales), Botón floral (corolas cerradas), Floración (corolas abiertas), Cuajado (caída de corolas) y Madurez del fruto (90 % de coloración en el pericarpio).

VII. RECOMENDACIONES

1. A la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga se recomienda repetir el mismo estudio en dos localidades a diferentes pisos ecológicos, para comprobar la teoría de que la constante térmica es la misma cualquiera haya sido el año y la ubicación del cultivo.
2. A los egresados o estudiantes de las escuelas de Biología, Agronomía y Agrícola se recomienda realizar el mismo tipo de estudios en lo que concierne a requerimientos térmicos, considerando otras variedades, localidades y más años de muestreo, ya que el comportamiento de los factores ambientales puede cambiar con el paso de los años debido al cambio climático.
3. A la Dirección Regional Agraria, promover la producción arándano con miras en la exportación, puesto que, además de la demanda creciente en el mercado, son cultivos con gran valor nutricional.

VIII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Arias, F. (2018). Efecto de cuatro entomopatógenos en el control in vitro del escarabajo defoliador (*disonycha* sp.) en el cultivo de arándano (*Vaccinium Corymbosum* L.). Tesis para optar al título profesional de Ingeniero Agrónomo. Universidad Nacional de Cajamarca. Cajamarca Perú.: Disponible: file:///c:/users/pc/documents/tesis%20de%20arandano/rep_carlos.flores_diez.tipos.de.sustrato.pdf.
2. Annemiek C. Schilder y Timothy D. Mile. 2021. Enfermedades de los arándanos causadas por virus y por patógenos parecidos a virus. Departamento de Fitopatología, Universidad Estatal de Michigan.
3. Brevis, P. A., NeSmith, D. S., Wetzstein, H. Y. (2006). Flower Age Affects Fruit Set and Stigmatic Receptivity in Rabbiteye Blueberry.:1537–1540. file:///c:/users/pc/documents/tesis%20de%20arandano/rep_carlos.flores_diez.tipos.de.sustrato.pdf.
4. Buitrago.C. 2024.Predicción de la duración en términos de tiempo térmico de las fases fenológicas en tres variedades de clavel estándar (*Dianthus caryophyllus*). Universidad Nacional de Colombia Facultad de Ciencias Agrarias Bogotá, Colombia. Disponible en: <https://repositorio.unal.edu.co/bitstream/handle/unal/86580/1026569717.2024.pdf?sequence=2&isAllowed=y>
5. Barba A, Romero A J (2001) Propagación *in vitro*, In: Micropropagación de plantas. Ed. Trillas. 107 p. Disponible en: https://etrillas.mx/libro/micropropagacion-de-plantas_7371
6. Carrera, J. (2012). Manual práctico para la creación y desarrollo de plantaciones de arándano en Asturias. Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino, Gobierno de España. 60 pp.
7. Ciordia M. y Garcia J.C. 2006. Estudio económico del cultivo del arándano. Tecnología Agroalimentaria N°3. <http://www.serida.org/publicacionesdetalle.php?id=01520>
8. Cisternas A., Ernesto, France I., Andrés (2009). Manual de campo de plagas, enfermedades y desórdenes fisiológicos del arándano en Chile [en línea]. Chillán, Chile: Boletín INIA - Instituto de Investigaciones Agropecuarias. no. 189. Disponible en: <https://hdl.handle.net/20.500.14001/7276> (Consultado: 3 de septiembre de 2024)
9. Escalera J C (2009) Propagación vegetativa de arándano *Vaccinium corymbosum* L. en Los Reyes Michoacán. Febrero. 34 p. Disponible en: <https://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/25496>
10. Espinoza, A. (2017). Arándanos en maceta, una tecnología de altos retornos se perfila en el sur. Perú. Recuperado de <http://www.redagricola.com/pe/una-tecnologia-altosretornos-se-perfila-sur/>
11. Eck, P., Gough, R.E., Hall, I. V., Spiers, J. M. (1989). Blueberry Management. En Galleta, G.J., Himelrick, D. G., (Eds). Chapter 7: Small Fruit Crop Management. (pp. 273-333). ISBN 013-814609-8.
12. Febres, F. (2013). Resultados en Arándano deben ser vistos con serenidad. Revista Red Agrícola no. 11:6-9.
13. Edgardo, J. 2018. *Caracterización físico-química de variedades de arándano Vaccinium corymbosum*. Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales Universidad Nacional de la Plata.

14. FAO. (2017). *Identificación de Cultivos de Importancia Económica Impactados por la Zoopolinización*. FAO. Roma, Italia.
15. Guía de estudio 12. (2017). Manual de bioclimatología agrícola. https://aulavirtual.agro.unlp.edu.ar/pluginfile.php/52764/mod_resource/content/2/12-1%20-%20Bioclimatologia%20agricola.pdf.
16. Gonzales, F. (2016). Manejo del Riego en el Cultivo de Arándano. Sesión del Diplomado Internacional en el Cultivo de Berries. Intagri. Gto., México.
17. Gucole, M. (2012). Manejo Integrado de la plaga *Tetranychus urticae* (Acari:Tetranychidae) en cultivos de frutilla del Cinturón Hortícola Platense. (Tesis para obtener el título de Doctor en Ciencias Naturales). Universidad Nacional de La Plata. Mar de LaPlata, Argentina.
18. García, J. & González G. (2011). *Cultivo de arándano en Austrias. Proyectos de Cooperación "Nuevos horizontes" y Ministerio de Agricultura. Madrid-España. 7p.* Disponible: <file:///C:/Users/Pc/Documents/tesis%20de%20arandano/Andreina%20Mariela%20Lima%20Balcázar.pdf>.
19. González, A., Subercaseaux, J., y Ellena, M. (2013). *Arándanos: Optimización de la productividad de la mano de obra y tecnologías para el incremento de calidad y condición en el sur de Chile*. Recuperado de <https://biblioteca.inia.cl/handle/20.500.14001/7609>
20. García, J., & García, G. (2010). Guía de cultivo orientaciones para el cultivo del arándano. Proyecto de cooperación "Nuevos Horizontes". Ministerio de medio ambiente y medio rural y marino. España. pp: 32.
21. Gastiazoro J. Catedra de climatología agrícola. Sección N° 4 Universidad Nacional de Entre Ríos. Facultad de Ciencias Agropecuarias. <https://exa.unne.edu.ar/biologia/fisiologia.vegetal/Influencia%20del%20clima%20sobre%20las%20plantas.pdf>
22. Godoy, C., Monterubbiansi, G., Tognetti, J. (2008). Analysis of Highbush Blueberry (*Vaccinium corymbosum* L.) fruit growth with Exponential Mixed Models. *Sci. Hort.* 115: 368-376.
23. Guata Patín, Carlos Vinicio. 2006. Evaluación agronómica con investigación participativa de tres líneas promisorias de amaranto (*Amaranthus* spp.) Con fertilización química y orgánica en la localidad de Lagucoto II, Provincia Bolívar-Bolivia. Universidad Estatal de Bolívar. 2006. http://biblioteca.ueb.edu.ec/cgi-bin/koha/opacdetail.pl?biblionumber=16694&query_desc=kw%2Cwrdl%3A%20Guata%20Pat%C3%ADn
24. Hernández D. (2014). *Estudio nutricional de arándano azul (Vaccinium corymbosum L.) en los Reyes-Michoacán*. [Tesis de grado de Posgrado en Edafología]. Campus de Montecillo, Escuela de investigaciones agrícolas. Michoacán, México. 5p
25. Hicklenton P. R., Reekie J. Y. C., MacKenzie K., Eaton L. J., Havard P. (2002). Freeze Damage and Frost Tolerance Thresholds for Flowers of the Lowbush Blueberry (*Vaccinium angustifolium* Ait.). *ISHS Acta Hort.* 574: 193-201.
26. Hassan, Q.; Bourque, C.; Meng, F. and Richards, W. 2007. Spatial mapping of growing degree days: an application of MODIS-based surface temperatures and enhanced vegetation index. *J. Appl. Remote Sensing*: 112. https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_nlinks&pid=S20070934202000030054300023&lng=en
27. Kovalski, A. P., Williamson, J.G, Olmstead, J. W., Darnell, R.L. (2015). Inflorescence Bud Initiation, Development, and Bloom in Two Southern Highbush Blueberry Cultivars. *J. AMER. SOC. HORT. SCI.* 140(1)–44.

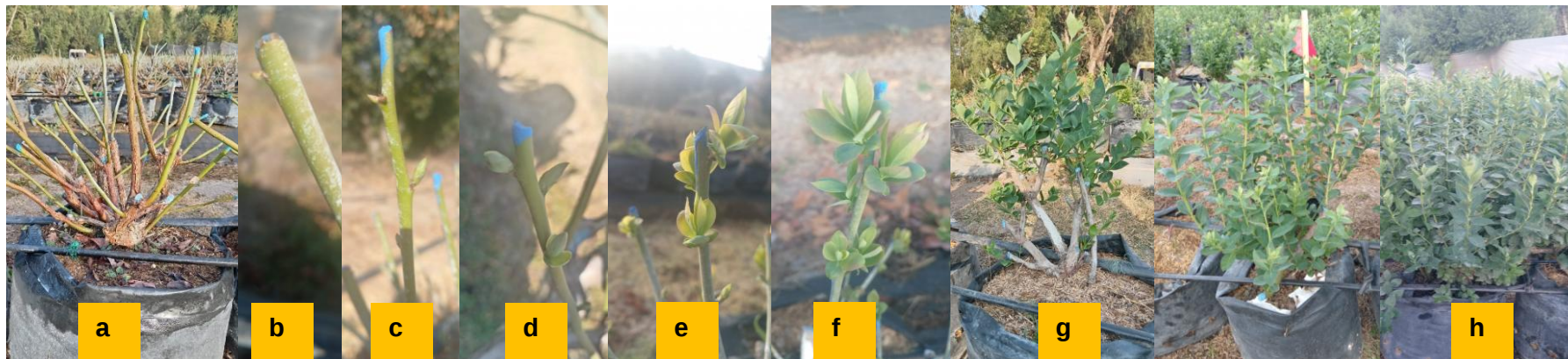
28. MINAGRI. (2016). *El arándano en el Perú y el Mundo: Producción, comercio y Perspectivas. Direccion general de políticas agrarias. Lima. Perú.* 42p. Disponible: <file:///C:/Users/user/Downloads/estudio-arandano2016.pdf>.
29. MINAGRI. (2020). *Estacionalidad de las exportaciones peruanas de arándanos frescos y el mercado norteamericano. Direccion general de políticas agrarias. Lima. Perú.*
30. Marcaquispe C. (2021). Constante térmica y fenología reproductiva de 5 biotipos promisorios de *Opuntia ficus indica* - INIA, Ayacucho 2019. http://repositorio.unsch.edu.pe/bitstream/UNSCH/4483/1/TESIS%20B866_Mar.pdf.
31. Maticorena, M. (2017). Cinco tipos de poda en arándano (*Vaccinium corymbosum* L. cv. Biloxi) y su influencia en determinados parámetros productivos. Tesis para optar el título de ingeniero agrónomo. Universidad Nacional Agraria la Molina. Lima. Perú.
32. Martí A. (1994). Disponibilidades térmicas para los cultivos en el fondo de la depresión de Sarinera. 6, 171-190.
33. Martínez-Ruiz, E.R; Tijerina-Chávez, L.; Becerril-Román, A.E.; Rebolledo-Martínez, A.; Velasco-Cruz, C.; del Ángel-Pérez, A. L. (2017). Fenología y constante térmica de la pitahaya (*hylocereus undatus* haw. britt. & rose). <https://core.ac.uk/reader/249320050>.
34. Miller P., Lanier W., Brandt S. 2001. Using Growing Degree Days to Predict Plant Stages. Montana State University. Montguide MT200103 AG 7/2001. <http://msuextension.org/publications/AgandNaturalResources/MT200103AG.pdf> Fecha de consulta: 12/12/2023.
35. Mendoza V. (2013). Comparativo de accesiones de *Chenopodium quinoa* "quinua" en condiciones de costa central [tesis de grado]. Perú. <https://repositorio.lamolina.edu.pe/handle/UNALM/1778>.
36. Merlet, H., & D'Etigny, M. (1989). Requerimientos de clima y suelo: frutales menores y de hoja persistente. (Pub. CIREN N° 84). <https://bibliotecadigital.ciren.cl/server/api/core/bitstreams/2b5143df-112d-4f63-809a-21223c41f144/content>
37. Meléndez J.M., Flor R.L., Sandoval P.M., Vasquez C. W., Racines O.M. 2021. *Vaccinium spp.*: Características cariotípicas y filogenéticas, composición nutricional, condiciones edafoclimáticas, factores bióticos y microorganismos benéficos en la rizosfera. Facultad de ciencias agropecuarias. UNT. Web page: <http://revistas.unitru.edu.pe/index.php/scientiaagrop>
38. Moschini, R.C.; Bombelli, E.C.; Wright, E.R.; López, M.V.; Pérez Canone, H.I.; Carmona, J.D.; Varsallona, B.; Barberis, J.G.; Fabrizio, M.C. y Rivera, M.C. 2014. Ajuste de modelos logísticos a la tasa de incremento de severidad de manchas foliares ocasionadas por *Alternaria tenuissima* en arándano. Horticultura Argentina 33(80): 27-35.
39. Mesa Torres, Paola Andrea (2014). Algunos aspectos de la fenología, el crecimiento y laproducción de dos cultivares de arándano (*Vaccinium corymbosum* L. x *V. darowii*) plantados en Guasca (Cundinamarca, Colombia). Colombia, Universidad Militar Nueva Granada, Cajicá, tesis de licenciatura
40. Lobos, G. A., Hancock, J. F. (2015). Breeding Blueberries for a changing global environment: areview. Frontiers in Plant Science. Vol. 6 (782):14 p
41. Ochoa, S. 2015. Pasos claves en el emprendimiento del cultivo de arándano. Visita al departamento técnico SB Group. Pelarco, Chile.

42. Ochoa S., Pérez I. Y Bernardus. (2008). Fenología reproductiva de las especies arbóreas del bosque tropical de Tenosique, Tabasco, México. *Revista de Biología Tropical*, 56(2), 657-673. http://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0034-77442008000200020&lng=en&tlng=es
43. Parra A., Fischer G., Chaves B. Tiempo Térmico Para Estados Fenológicos Reproductivos de la Feijoa (*Acca sellowiana* (O. Berg) Burret). *Acta biol. Colombia*. 20(1), 163 -173. <https://doi.org/10.15446/abc.v20n1.43390>.
44. Proarándanos. (2021). *Nuestras exportaciones*. Recuperado de <https://proarandanos.org/exportaciones/>
45. Parodi, G. (2017). Factores clave para asegurar el desarrollo del cultivo de arándanos en el Perú. Lima.
46. Retamales, J. & Hancock J. (2011). Crop production science in horticulture Blueberries, Holly Beaumont, N° 21. Estados Unidos.
47. Retamales & Hancock, 2012. Blueberries.US, Cambridge, Massachusetts, Centre for Agricultura Bioscience International, 323pp.
48. Retamales, J. B., Hancock, J. F. (2012). Blueberries. Crop Production Science in Horticulture Series; no 21. CABI
49. Rojas, N. (2016). Las principales plagas y enfermedades en el cultivo del arándano en el Perú. Disponible en <http://agronegociosperu.org/lasprincipales-plagas-y-enfermedades-en-el-cultivo-del-arandano-en-el-peru/>
50. Rivadeneira, M., & Carlazara G. (2011). Comportamiento fenológico de variedades tradicionales y nuevas de arándanos. Instituto Nacional de Tecnología agropecuaria. Argentina.
51. Rivadeneira, M. F. (2008). Etapas Fenológicas en Arándanos durante las campañas 2006-2007. Avances Cultivos No Tradicionales. FAUBA. 1-10.
52. Rivadeneira, M. F., Asueta, F., Carlazara, G. (2010). Fenología y Producción de Variedades Patentadas de Arándano. Jornadas técnicas APAMA.
53. Roque O. (2019). Requerimientos térmicos de las fases fenológicas de dos variedades de amaranto (*Amaranthus caudatus* L): precoz y tardía en Ayacucho. J Selva Andina Bioshp.7(1), 1831. http://www.scielo.org.bo/scielo.php?pid=S230838592019000100003&script=sci_abstract&tlng=pt
54. Rubio, JC; García, G; Ciordia, M; 2010. Situación actual del cultivo del arándano en el mundo. Tecnología Agroalimentaria - n.º 12. Disponible en línea: <http://www.serida.org/pdfs/5566.pdf>
55. Soto F. Hernandez N."y" Plana R. (2009). "Influencia de la temperatura en la duración de las fases fenológicas del trigo harinero (*Triticum aestivum* ssp. *Aestivum*) y triticale (X *Triticum secale* Wittmack) y su relación con el rendimiento." *Cultrop*. 30(3), 32-36. http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S025859362009000300014&script=sci_arttext&tlng=pt
56. Salazar-Gutierrez M.R., Johnson J., Chavez-Cordoba B., Hoogenboom G. 2013. Relationship of base temperature to development of winter wheat. *International Journal of Plant Production* 7(4):741-762.
57. Sanches.C.2024.manejo del cultivo de arándano (*vaccinium corymbosum* l.cv. biloxi) en contenedores bajo las condiciones de Ica. Universidad Nacional Agraria la Molina

58. Torres, C. (2015). Principales plagas y enfermedades de arándano en el Perú. Recuperado de <https://arandanosperu.pe/2015/11/20/principales-plagas-y-enfermedades-en-el-arandano-en-el-peru/>.
59. Undurraga P. y Vargas S. 2013. Manual del arándano. Boletín INIA N° 263. 120 p. Instituto de Investigaciones Agropecuarias INIA, Centro Regional de Investigación Quilamapu, Chillán, Chile. Disponible en: <http://biblioteca.inia.cl/medios/biblioteca/boletines/NR39094.pdf>
60. Uribe, Hamil. 2013. Riego de arándano. Instituto de investigaciones agropecuarias. 2013 Pag 43. Chillan-Chile. Disponible en línea: <http://www2.inia.cl/medios/biblioteca/boletines/NR39098.pdf>
61. Urbano, Villalobos .199. 2002. influencia de la temperatura sobre las plantas. artículo académico: <http://ocw.upm.es/ingenieria-agroforestal/climatologia-aplicada-a-la-ingenieria-y-medioambiente/contenidos/tema-5/accion-de-la-temperatura-sobre-la-vegetacion.pdf>
62. Universidad Nacional de Entre Ríos. Facultad de Ciencias Agropecuarias. Cátedra de climatología agrícola. (2007). <http://exa.unne.edu.ar/biologia/fisiologia.vegetal/temperaturacomobiomentereologicovegetales.pdf>.
63. Yzarra W y López F. (2011). Manual de observaciones fenológicas. Perú. <https://www.senamhi.gob.pe/load/file/01401SENA-11.pdf>

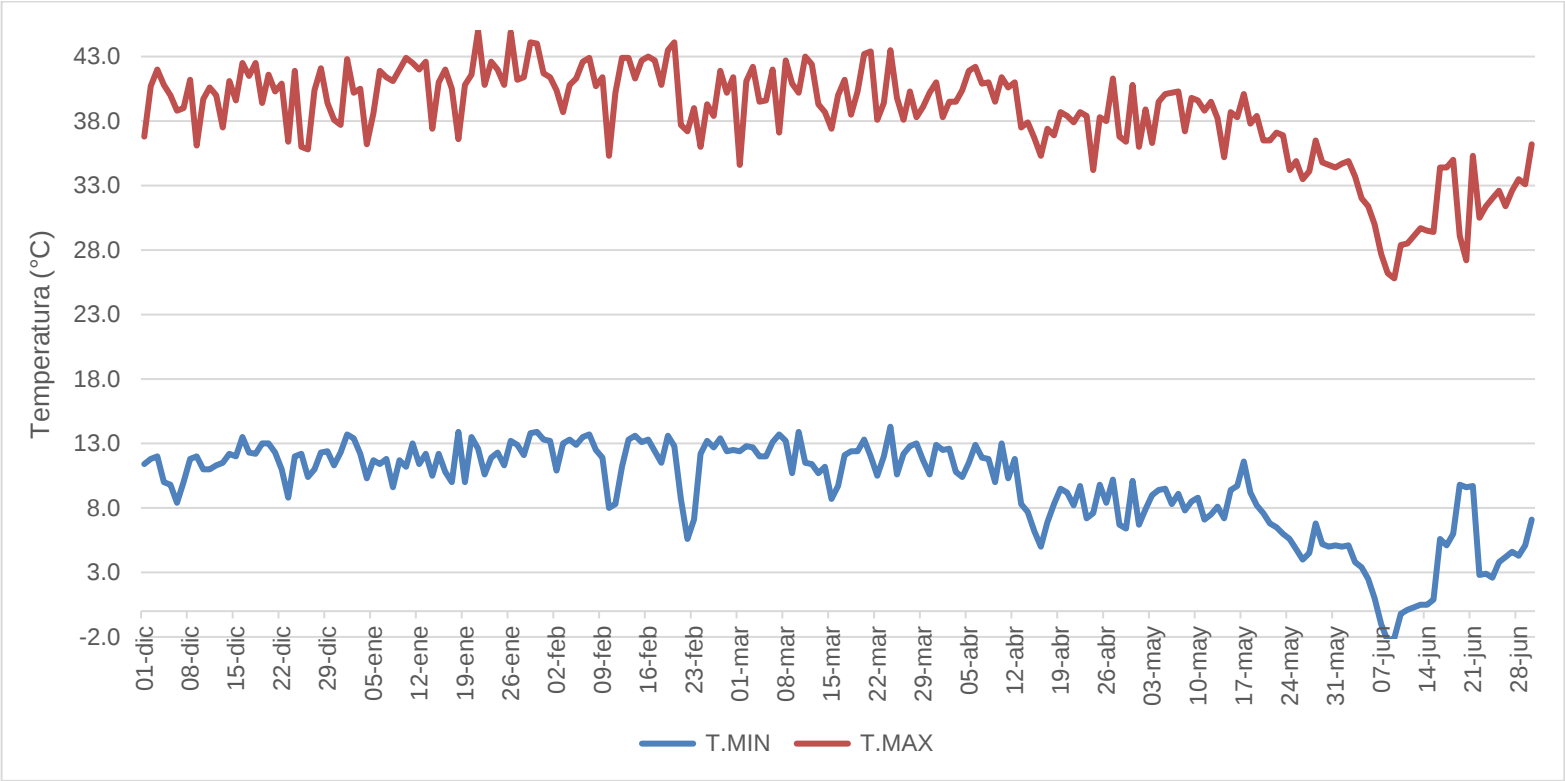
ANEXOS

Anexo 1. Fenología vegetativa de *Vaccinium corymbosum* en el Fundo Santiago de Huatatas en Huamanga, Ayacucho (2023-2024).



- a: Poda
- b: Yema en reposo
- c: Yema vegetativa
- d: Punta Verde (yema vegetativa inicia su apertura)
- e: Brotación (hojas recién formadas, dispuestas en roseta)
- f: Brote nuevo (brotes extendiendo entrenudos y hojas expandiendo láminas)
- g: Rama nueva (brote con entrenudos largos, hojas expandidas, engrosando láminas)
- h: Rama formada (rama cargadora, con yemas sin diferenciar)

Anexo 2. Temperaturas máxima y mínima registradas en la estación meteorológica del Fundo Santiago de Huatatas en Huamanga, Ayacucho (2023-2024).



Anexo 3. Elección y etiquetado de las plantas de *Vaccinium corybosum* —arándano en el Fundo Santiago de Huatatas, Huamanga. Ayacucho. 2023-2024.



a



b



c

(a) Seleccionando nuevas plantas para la época III. (b) Planta seleccionada para la época I. (c) Rama marcada con una cinta de color azul.

Anexo 4. Instalación de la caseta meteorológica temporal en el campo de cultivo de *Vaccinium corymbosum* —arándano en el Fundo Santiago de Huatatas, Huamanga, Ayacucho. 2023-2024.



a



b



c

(a) Caseta meteorológica. (b) Termómetro digital y termómetros tipo six instaladas en la caseta. (c) Registro de las temperaturas.

Anexo 5. Registro de las fechas en los que ocurren los cambios fenológicos reproductivos de *Vaccinium corymbosum* —arándano en el Fundo Santiago de Huatatas, Huamanga, Ayacucho. 2023-2024.



a



b



c

(a) Registrando cambio de las fases fenológicas en la época II. (b) Fruto verde del arándano. (c) Inflorescencia del arándano.

Anexo 6. Fases fenológicas reproductivas de *Vaccinium corymbosum* —arándano variedad Biloxi y Emerald en el Fundo Santiago de Huatatas, Huamanga. Ayacucho. 2023-2024.



(a) Maduración (M) variedad Biloxi. (b) Maduración (M) variedad Emerald. (c) Yema Floral Abierta (YFA) variedad Biloxi. (d) Botón Floral (BF) variedad Emerald

Anexo 7. Temperaturas y duración en días por fase fenológica en la primera época (E1).

Días	TEMPERATURAS DEL AIRE (°C)					Fase
	Mínima (3-6 am)	Máxima (4- 6 pm)	T. media	GDD	Acumulada	
1-Dic	11,4	25,4	18,4	11,4	11,40	YFH
2-Dic	11,8	28,9	20,4	13,4	24,75	
3-Dic	12,0	30,0	21,0	14,0	38,75	
4-Dic	10,0	30,8	20,4	13,4	52,15	
5-Dic	9,8	30,2	20,0	13,0	65,15	
6-Dic	8,4	30,4	19,4	12,4	77,55	
7-Dic	10,0	29,0	19,5	12,5	90,05	
8-Dic	11,8	29,4	20,6	13,6	103,65	
9-Dic	12,0	24,1	18,1	11,1	114,70	
10-Dic	11,0	28,7	19,9	12,9	127,55	
11-Dic	11,0	29,6	20,3	13,3	140,85	
12-Dic	11,3	28,7	20,0	13,0	153,85	
13-Dic	11,5	26,0	18,8	11,8	165,60	
14-Dic	12,2	28,9	20,6	13,6	179,15	
15-Dic	12,0	27,1	19,8	12,8	191,95	
16-Dic	13,5	29,0	21,3	14,3	206,20	
17-Dic	12,3	29,2	20,8	13,8	219,95	
18-Dic	12,2	30,3	21,3	14,3	234,20	
19-Dic	13,0	26,4	19,7	12,7	246,90	
20-Dic	13,0	28,6	20,8	13,8	260,70	
21-Dic	12,3	28,0	20,2	13,2	273,85	
22-Dic	11,0	29,9	20,5	13,5	287,30	
23-Dic	8,8	27,6	18,2	11,2	298,50	
24-Dic	12,0	29,9	20,9	13,9	312,45	
25-Dic	12,2	23,8	18,0	11,0	323,45	
26-Dic	10,4	25,4	17,9	10,9	334,35	
27-Dic	11,0	29,4	20,2	13,2	347,55	
28-Dic	12,3	29,8	21,1	14,1	361,60	YFA
29-Dic	12,4	27,0	19,7	12,7	374,30	
30-Dic	11,3	26,8	19,1	12,1	386,35	BF
31-Dic	12,3	25,4	18,9	11,9	398,20	
1-Ene	13,7	29,1	21,4	14,4	412,60	
2-Ene	13,4	26,8	20,1	13,1	425,70	
3-Ene	12,2	28,3	20,3	13,1	438,95	
4-Ene	10,3	25,9	18,1	11,1	450,05	
5-Ene	11,7	26,9	19,3	12,3	462,35	
6-Ene	11,4	30,5	20,9	13,9	476,30	
7-Ene	11,8	29,6	20,7	13,7	490,00	BF
8-Ene	9,6	31,5	20,6	13,6	503,55	

9-Ene	11,7	30,3	21,0	14,0	517,55	
10-Ene	11,2	31,7	21,5	14,5	532,00	
11-Ene	13,0	29,5	21,3	14,3	546,25	F
12-Ene	11,4	30,6	21,0	14,0	560,25	F
13-Ene	12,2	30,4	21,3	14,3	574,55	
14-Ene	10,5	26,9	18,7	11,7	586,25	
15-Ene	12,2	28,8	20,5	13,5	599,75	
16-Ene	10,8	31,2	21,0	14,0	613,75	C
17-Ene	10,0	30,5	20,3	13,3	627,00	C
18-Ene	13,9	22,7	18,3	11,3	638,30	
19-Ene	10,0	30,8	20,4	13,4	651,70	
20-Ene	13,5	28,1	20,8	13,8	665,50	
21-Ene	12,6	32,4	22,5	15,5	681,00	
22-Ene	10,6	30,2	20,4	13,4	694,40	
23-Ene	11,9	30,7	21,3	14,3	708,70	
24-Ene	12,3	29,7	21,0	14,0	722,70	
25-Ene	11,3	29,5	20,4	13,4	736,10	
26-Ene	13,2	31,7	22,5	15,5	751,55	
27-Ene	12,9	28,3	20,6	13,6	765,15	
28-Ene	12,1	29,3	20,7	13,7	778,85	
29-Ene	13,8	30,3	22,1	15,1	793,90	
30-Ene	13,9	30,1	22,0	15,0	808,90	
31-Ene	13,3	28,4	20,9	13,9	822,75	
1-Feb	13,2	28,2	20,7	13,7	836,45	
2-Feb	10,9	29,5	20,2	13,2	849,65	
3-Feb	13,0	25,7	19,4	12,4	862,00	
4-Feb	13,3	27,5	20,4	13,4	875,40	
5-Feb	12,9	28,4	20,7	13,7	889,05	
6-Feb	13,5	29,1	21,3	14,3	903,35	
7-Feb	13,7	29,2	21,5	14,5	917,80	
8-Feb	12,5	28,2	20,4	13,4	931,15	
9-Feb	11,9	29,5	20,7	13,7	944,85	
10-Feb	8,0	27,3	17,7	10,7	955,50	
11-Feb	8,3	31,9	20,1	13,1	968,60	
12-Feb	11,2	31,7	21,5	14,5	983,05	
13-Feb	13,3	29,6	21,5	14,5	997,50	
14-Feb	13,6	27,7	20,7	13,7	1011,15	
15-Feb	13,1	29,6	21,4	14,4	1025,50	
16-Feb	13,3	29,7	21,5	14,5	1040,00	
17-Feb	12,4	30,3	21,4	14,4	1054,35	
18-Feb	11,5	29,3	20,4	13,4	1067,75	
19-Feb	13,6	29,9	21,8	14,8	1082,50	
20-Feb	12,8	31,3	22,1	15,1	1097,55	
21-Feb	8,7	29,0	18,9	11,9	1109,40	

22-Feb	5,6	31,6	18,6	11,6	1121,00	
23-Feb	7,1	31,9	19,5	12,5	1133,50	
24-Feb	12,2	23,8	18,0	11,0	1144,50	
25-Feb	13,2	26,1	19,6	12,7	1157,15	
26-Feb	12,7	25,7	19,2	12,2	1169,35	
27-Feb	13,4	28,5	20,9	13,9	1183,30	
28-Feb	12,4	27,8	20,1	13,1	1196,40	
29-Feb	12,5	28,9	20,7	13,7	1210,10	
1-Mar	12,4	22,2	17,3	10,3	1220,40	
2-Mar	12,8	28,3	20,5	13,5	1233,95	
3-Mar	12,7	29,5	21,1	14,1	1248,05	
4-Mar	12,0	27,5	19,7	12,7	1260,80	
5-Mar	12,0	27,6	19,8	12,8	1273,60	
6-Mar	13,1	28,9	21,0	14,0	1287,60	
7-Mar	13,7	23,4	18,5	11,5	1299,15	
8-Mar	13,2	29,5	21,3	14,3	1313,50	
9-Mar	10,7	30,2	20,4	13,4	1326,95	
10-Mar	13,9	26,3	20,1	13,1	1340,05	
11-Mar	11,5	31,5	21,5	14,5	1354,55	
12-Mar	11,4	31,0	21,2	14,2	1368,75	
13-Mar	10,7	28,6	19,6	12,6	1381,40	
14-Mar	11,2	27,5	19,3	12,3	1393,75	
15-Mar	8,7	28,7	18,7	11,7	1405,45	
16-Mar	9,7	30,3	20,0	13,0	1418,45	
17-Mar	12,1	29,1	20,6	13,6	1432,05	
18-Mar	12,4	26,1	19,2	12,3	1444,30	
19-Mar	12,4	27,9	20,1	13,3	1457,45	
20-Mar	13,3	29,9	21,6	14,6	1472,05	
21-Mar	12,0	31,4	21,7	14,7	1486,75	
22-Mar	10,5	27,6	19,0	12,0	1498,80	
23-Mar	12,0	27,4	19,7	12,7	1511,50	
24-Mar	14,3	29,2	21,7	14,7	1526,25	
25-Mar	10,6	29,2	19,9	12,9	1539,15	
26-Mar	12,2	25,9	19,0	12,0	1551,20	
27-Mar	12,8	27,5	20,1	13,1	1564,35	
28-Mar	13,0	25,3	19,1	12,1	1576,50	
29-Mar	11,7	27,4	19,5	12,5	1589,05	
30-Mar	10,6	29,6	20,1	13,1	1602,15	
31-Mar	12,9	28,1	20,5	13,5	1615,65	M
1-Abr	12,5	25,8	19,1	12,2	1627,80	M
2-Abr	12,6	26,9	19,7	12,8	1640,55	
3-Abr	10,8	28,7	19,7	12,8	1653,30	
4-Abr	10,4	30,0	20,2	13,2	1666,50	
5-Abr	11,5	30,4	20,9	13,9	1680,45	

Anexo 8. Temperaturas y duración en días por fase fenológica en la segunda época (E2).

Días	TEMPERATURAS DEL AIRE (°C)					Fase
	Mínima (3- 6 am)	Máxima (4- 6 pm)	T. media	GDD	Acumulada	
1-Ene	13,7	29,1	21,4	14,4	14,40	YFH
2-Ene	13,4	26,8	20,1	13,1	27,50	
3-Ene	12,2	28,3	20,2	13,2	40,75	
4-Ene	10,3	25,9	18,1	11,1	51,85	
5-Ene	11,7	26,9	19,3	12,3	64,15	
6-Ene	11,4	30,5	20,9	13,9	78,10	
7-Ene	11,8	29,6	20,7	13,7	91,80	
8-Ene	9,6	31,5	20,5	13,5	105,35	
9-Ene	11,7	30,3	21,0	14,0	119,35	
10-Ene	11,2	31,7	21,4	14,4	133,80	
11-Ene	13,0	29,5	21,2	14,2	148,05	
12-Ene	11,4	30,6	21,0	14,0	162,05	
13-Ene	12,2	30,4	21,3	14,3	176,35	
14-Ene	10,5	26,9	18,7	11,7	188,05	
15-Ene	12,2	28,8	20,5	13,5	201,55	
16-Ene	10,8	31,2	21,0	14,0	215,55	
17-Ene	10,0	30,5	20,2	13,2	228,80	
18-Ene	13,9	22,7	18,3	11,3	240,10	
19-Ene	10,0	30,8	20,4	13,4	253,50	
20-Ene	13,5	28,1	20,8	13,8	267,30	
21-Ene	12,6	32,4	22,5	15,5	282,80	
22-Ene	10,6	30,2	20,4	13,4	296,20	
23-Ene	11,9	30,7	21,3	14,3	310,50	
24-Ene	12,3	29,7	21,0	14,0	324,50	
25-Ene	11,3	29,5	20,4	13,4	337,90	
26-Ene	13,2	31,7	22,4	15,4	353,35	
27-Ene	12,9	28,3	20,6	13,6	366,95	YFA
28-Ene	12,1	29,3	20,7	13,7	380,65	YFA
29-Ene	13,8	30,3	22,0	15,0	395,70	BF
30-Ene	13,9	30,1	22,0	15,0	410,70	
31-Ene	13,3	28,4	20,8	13,8	424,55	
1-Feb	13,2	28,2	20,7	13,7	438,25	
2-Feb	10,9	29,5	20,2	13,2	451,45	
3-Feb	13,0	25,7	19,3	12,3	463,80	
4-Feb	13,3	27,5	20,4	13,4	477,20	
5-Feb	12,9	28,4	20,6	13,6	490,85	
6-Feb	13,5	29,1	21,3	14,3	505,15	
7-Feb	13,7	29,2	21,4	14,4	519,60	
8-Feb	12,5	28,2	20,3	13,3	532,95	

9-Feb	11,9	29,5	20,7	13,7	546,65	
10-Feb	8,0	27,3	17,6	10,6	557,30	F
11-Feb	83	31,9	20,1	13,1	570,40	
12-Feb	11,2	31,7	21,4	14,4	584,85	
13-Feb	13,3	29,6	21,4	14,4	599,30	
14-Feb	13,6	27,7	20,6	13,6	612,95	C
15-Feb	13,1	29,6	21,3	14,3	627,30	C
16-Feb	13,3	29,7	21,5	14,5	641,80	
17-Feb	12,4	30,3	21,3	14,3	656,15	
18-Feb	11,5	29,3	20,4	13,4	669,55	
19-Feb	13,6	29,9	21,7	14,7	684,30	
20-Feb	12,8	31,3	22,0	15,0	699,35	
21-Feb	8,7	29,0	18,8	11,8	711,20	
22-Feb	5,6	31,6	18,6	11,6	722,80	
23-Feb	7,1	31,9	19,5	12,5	735,30	
24-Feb	12,2	23,8	18,0	11,0	746,30	
25-Feb	13,2	26,1	19,6	12,6	758,95	
26-Feb	12,7	25,7	19,2	12,2	771,15	
27-Feb	13,4	28,5	20,9	13,9	785,10	
28-Feb	12,4	27,8	20,1	13,1	798,20	
29-Feb	12,5	28,9	20,7	13,7	811,90	
1-Mar	12,4	22,2	17,3	10,3	822,20	
2-Mar	12,8	28,3	20,5	13,5	835,75	
3-Mar	12,7	29,5	21,1	14,1	849,85	
4-Mar	12,0	27,5	19,7	12,7	862,60	
5-Mar	12,0	27,6	19,8	12,8	875,40	
6-Mar	13,1	28,9	21,0	14,0	889,40	
7-Mar	13,7	23,4	18,5	11,5	900,95	
8-Mar	13,2	29,5	21,3	14,3	915,30	
9-Mar	10,7	30,2	20,4	13,4	928,75	
10-Mar	13,9	26,3	20,1	13,1	941,85	
11-Mar	11,5	31,5	21,5	14,5	956,35	
12-Mar	11,4	31,0	21,2	14,2	970,55	
13-Mar	10,7	28,6	19,6	12,6	983,20	
14-Mar	11,2	27,5	19,3	12,3	995,55	
15-Mar	8,7	28,7	18,7	11,7	1007,25	
16-Mar	9,7	30,3	20,0	13,0	1020,25	
17-Mar	12,1	29,1	20,6	13,6	1033,85	
18-Mar	12,4	26,1	19,2	12,2	1046,10	
19-Mar	12,4	27,9	20,1	13,1	1059,25	
20-Mar	13,3	29,9	21,6	14,6	1073,85	
21-Mar	12,0	31,4	21,7	14,7	1088,55	
22-Mar	10,5	27,6	19,0	12,0	1100,60	
23-Mar	12,0	27,4	19,7	12,7	1113,30	

24-Mar	14,3	29,2	21,7	14,7	1128,05	
25-Mar	10,6	29,2	19,9	12,9	1140,95	
26-Mar	12,2	25,9	19,0	12,0	1153,00	
27-Mar	12,8	27,5	20,1	13,1	1166,15	
28-Mar	13,0	25,3	19,1	12,1	1178,30	
29-Mar	11,7	27,4	19,5	12,5	1190,85	
30-Mar	10,6	29,6	20,1	13,1	1203,95	
31-Mar	12,9	28,1	20,5	13,5	1217,45	
1-Abr	12,5	25,8	19,1	12,1	1229,60	
2-Abr	12,6	26,9	19,7	12,7	1242,35	
3-Abr	10,8	28,7	19,7	12,7	1255,10	
4-Abr	10,4	30,0	20,2	13,2	1268,30	
5-Abr	11,5	30,4	20,9	13,9	1282,25	
6-Abr	12,9	29,3	21,1	14,1	1296,35	
7-Abr	11,9	29,0	20,4	13,4	1309,80	
8-Abr	11,8	29,2	20,5	13,5	1323,30	
9-Abr	10,0	29,5	19,7	12,7	1336,05	
10-Abr	13,0	28,4	20,7	13,7	1349,75	
11-Abr	10,3	30,3	20,3	13,3	1363,05	
12-Abr	11,8	29,2	20,5	13,5	1376,55	
13-Abr	8,3	29,2	18,7	11,7	1388,30	
14-Abr	7,7	30,2	18,9	11,9	1400,25	
15-Abr	6,2	30,5	18,3	11,3	1411,60	
16-Abr	5,0	30,3	17,6	10,6	1422,25	
17-Abr	6,9	30,5	18,7	11,7	1433,95	
18-Abr	8,3	28,6	18,4	11,4	1445,40	
19-Abr	9,5	29,2	19,3	12,3	1457,75	
20-Abr	9,2	29,2	19,2	12,2	1469,95	
21-Abr	8,2	29,7	18,9	11,9	1481,90	
22-Abr	9,7	29,0	19,3	12,3	1494,25	
23-Abr	7,2	31,2	19,2	12,2	1506,45	
24-Abr	7,6	26,6	17,1	10,1	1516,55	
25-Abr	9,8	28,5	19,1	12,1	1528,70	
26-Abr	8,4	29,6	19,0	12,0	1540,70	
27-Abr	10,2	31,1	20,6	13,6	1554,35	
28-Abr	6,7	30,1	18,4	11,4	1565,75	
29-Abr	6,4	30,0	18,2	11,2	1576,95	
30-Abr	10,1	30,7	20,4	13,4	1590,35	
1-May	6,7	29,3	18,0	11,0	1601,35	
2-May	7,9	31,0	19,4	12,4	1613,80	M
3-May	9,0	27,3	18,1	11,1	1624,95	M
4-May	9,4	30,1	19,7	12,7	1637,70	
5-May	9,5	30,6	20,0	13,0	1650,75	

Anexo 9. Temperaturas y duración en días por fase fenológica en la tercera época (E3).

Días	TEMPERATURAS DEL AIRE (°C)					Fase
	Mínima (3- 6 am)	Máxima (4- 6 pm)	T. media	GDD	Acumulada	
1-Feb	13,2	28,2	20,7	13,7	13,70	YFH
2-Feb	10,9	29,5	20,2	13,2	26,90	
3-Feb	13,0	25,7	19,3	12,3	39,25	
4-Feb	13,3	27,5	20,4	13,4	52,65	
5-Feb	12,9	28,4	20,6	13,6	66,30	
6-Feb	13,5	29,1	21,3	14,3	80,60	
7-Feb	13,7	29,2	21,4	14,4	95,05	
8-Feb	12,5	28,2	20,3	13,3	108,40	
9-Feb	11,9	29,5	20,7	13,7	122,10	
10-Feb	8,0	27,3	17,6	10,6	132,75	
11-Feb	8,3	31,9	20,1	13,1	145,85	
12-Feb	11,2	31,7	21,4	14,4	160,30	
13-Feb	13,3	29,6	21,4	14,4	174,75	
14-Feb	13,6	27,7	20,6	13,6	188,40	
15-Feb	13,1	29,6	21,3	14,3	202,75	
16-Feb	13,3	29,7	21,5	14,5	217,25	
17-Feb	12,4	30,3	21,3	14,3	231,60	
18-Feb	11,5	29,3	20,4	13,4	245,00	
19-Feb	13,6	29,9	21,7	14,7	259,75	
20-Feb	12,8	31,3	22,0	15,0	274,80	
21-Feb	8,7	29,0	18,8	11,8	286,65	
22-Feb	5,6	31,6	18,6	11,6	298,25	
23-Feb	7,1	31,9	19,5	12,5	310,75	
24-Feb	12,2	23,8	18,0	11,0	321,75	
25-Feb	13,2	26,1	19,6	12,6	334,40	
26-Feb	12,7	25,7	19,2	12,2	346,60	
27-Feb	13,4	28,5	20,9	13,9	360,55	YFA
28-Feb	12,4	27,8	20,1	13,1	373,65	YFA
29-Feb	12,5	28,9	20,7	13,7	387,35	BF
1-Mar	12,4	22,2	17,3	10,3	397,65	
2-Mar	12,8	28,3	20,5	13,5	411,20	
3-Mar	12,7	29,5	21,1	14,1	425,30	
4-Mar	12,0	27,5	19,7	12,7	438,05	
5-Mar	12,0	27,6	19,8	12,8	450,85	
6-Mar	13,1	28,9	21,0	14,0	464,85	
7-Mar	13,7	23,4	18,5	11,5	476,40	
8-Mar	13,2	29,5	21,3	14,3	490,75	
9-Mar	10,7	30,2	20,4	13,4	504,20	
10-Mar	13,9	26,3	20,1	13,1	517,30	

11-Mar	11,5	31,5	21,5	14,5	531,80	
12-Mar	11,4	31,0	21,2	14,2	546,00	F
13-Mar	10,7	28,6	19,6	12,6	558,65	F
14-Mar	11,2	27,5	19,3	12,3	571,00	
15-Mar	8,7	28,7	18,7	11,7	582,70	
16-Mar	9,7	30,3	20,0	13,0	595,70	
17-Mar	12,1	29,1	20,6	13,6	609,30	C
18-Mar	12,4	26,1	19,2	12,2	621,55	C
19-Mar	12,4	27,9	20,1	13,1	634,70	
20-Mar	13,3	29,9	21,6	14,6	649,30	
21-Mar	12,0	31,4	21,7	14,7	664,00	
22-Mar	10,5	27,6	19,0	12,0	676,05	
23-Mar	12,0	27,4	19,7	12,7	688,75	
24-Mar	14,3	29,2	21,7	14,7	703,50	
25-Mar	10,6	29,2	19,9	12,9	716,40	
26-Mar	12,2	25,9	19,0	12,0	728,45	
27-Mar	12,8	27,5	20,1	13,1	741,60	
28-Mar	13,0	25,3	19,1	12,1	753,75	
29-Mar	11,7	27,4	19,5	12,5	766,30	
30-Mar	10,6	29,6	20,1	13,1	779,40	
31-Mar	12,9	28,1	20,5	13,5	792,90	
1-Abr	12,5	25,8	19,1	12,1	805,05	
2-Abr	12,6	26,9	19,7	12,7	817,80	
3-Abr	10,8	28,7	19,7	12,7	830,55	
4-Abr	10,4	30,0	20,2	13,2	843,75	
5-Abr	11,5	30,4	20,9	13,9	857,70	
6-Abr	12,9	29,3	21,1	14,1	871,80	
7-Abr	11,9	29,0	20,4	13,4	885,25	
8-Abr	11,8	29,2	20,5	13,5	898,75	
9-Abr	10,3	29,5	19,9	12,9	911,65	
10-Abr	13,0	28,4	20,7	13,7	925,35	
11-Abr	10,3	30,3	20,3	13,3	938,65	
12-Abr	11,8	29,2	20,5	13,5	952,15	
13-Abr	11,3	29,2	20,2	13,2	965,40	
14-Abr	11,0	30,2	20,6	13,6	979,00	
15-Abr	10,5	30,5	20,5	13,5	992,50	
16-Abr	11,8	30,3	21,0	14,0	1006,55	
17-Abr	10,4	30,5	20,4	13,4	1020,00	
18-Abr	9,8	28,6	19,2	12,2	1032,20	
19-Abr	11,0	29,2	20,1	13,1	1045,30	
20-Abr	11,0	29,2	20,1	13,1	1058,40	
21-Abr	10,3	29,7	20,0	13,0	1071,40	
22-Abr	12,0	29,0	15,1	8,1	1079,50	
23-Abr	9,3	31,2	20,2	13,2	1092,75	

24-Abr	10,2	26,6	18,4	11,4	1104,15	
25-Abr	9,8	28,5	19,1	12,1	1116,30	
26-Abr	10,3	29,6	19,9	12,9	1129,25	
27-Abr	10,2	31,1	20,6	13,6	1142,90	
28-Abr	13,0	30,1	21,5	14,5	1157,45	
29-Abr	10,3	30,0	20,1	13,1	1170,60	
30-Abr	10,1	30,7	20,4	13,4	1184,00	
1-May	10,5	29,3	19,9	12,9	1196,90	
2-May	9,7	31,0	20,3	13,3	1210,25	
3-May	10,3	27,3	18,8	11,8	1222,05	
4-May	9,4	30,1	19,7	12,7	1234,80	
5-May	10,1	30,6	20,3	13,3	1248,15	
6-May	8,3	31,9	20,1	13,1	1261,25	
7-May	9,1	31,2	20,1	13,1	1274,40	
8-May	9,3	29,4	19,3	12,3	1286,75	
9-May	8,5	31,3	19,9	12,9	1299,65	
10-May	8,8	30,8	19,8	12,8	1312,45	
11-May	9,8	31,7	20,7	13,7	1326,20	
12-May	10,0	32,0	21,0	14,0	1340,20	
13-May	12,0	30,1	21,0	14,0	1354,25	
14-May	11,3	28,0	19,6	12,6	1366,90	
15-May	12,0	29,3	20,6	13,6	1380,55	
16-May	11,4	28,6	20,0	13,0	1393,55	
17-May	11,6	28,5	20,0	13,0	1406,60	
18-May	11,2	28,6	19,9	12,9	1419,50	
19-May	12,0	30,2	21,1	14,1	1433,60	
20-May	12,3	28,9	20,6	13,6	1447,20	
21-May	10,3	29,7	20,0	13,0	1460,20	
22-May	10,2	30,6	20,4	13,4	1473,60	
23-May	11,5	30,9	21,2	14,2	1487,80	
24-May	10,1	28,6	19,3	12,3	1500,15	
25-May	11,4	30,1	20,7	13,7	1513,90	
26-May	10,4	29,5	19,9	12,9	1526,85	
27-May	10,6	29,6	20,1	13,1	1539,95	
28-May	11,3	29,7	20,5	13,5	1553,45	
29-May	10,7	29,6	20,1	13,1	1566,60	
30-May	8,5	29,6	19,0	12,0	1578,65	
31-May	7,9	29,3	18,6	11,6	1590,25	
1-Jun	6,3	29,7	18,0	11,0	1601,25	
2-Jun	5,4	29,8	17,6	10,6	1611,85	
3-Jun	3,8	29,9	16,8	9,8	1621,70	M
4-Jun	3,4	28,6	16,0	9,0	1630,70	M
5-Jun	2,0	28,9	15,4	8,4	1639,15	

Anexo 10. Ficha de registro de fechas en las que ocurrieron los cambios de las fases fenológicas reproductivas en la primera época (E1).

ÉPOCA 1							
PLANTA	REPETICIÓN	FENOLOGÍA REPRODUCTIVA (DÍAS)					
P1		YFH	YFA	BF	F	C	M
	R1	1-Dic	28-Dic	7-Ene	11-Ene	16-Ene	31-Mar
	R2	1-Dic	28-Dic	7-Ene	12-Ene	16-Ene	1-Abr
	R3	1-Dic	28-Dic	7-Ene	12-Ene	16-Ene	31-Mar
P2	R1	1-Dic	28-Dic	8-Ene	12-Ene	16-Ene	1-Abr
	R2	1-Dic	29-Dic	7-Ene	12-Ene	16-Ene	1-Abr
	R3	1-Dic	29-Dic	7-Ene	12-Ene	17-Ene	1-Abr
P3	R1	1-Dic	29-Dic	7-Ene	12-Ene	17-Ene	1-Abr
	R2	1-Dic	28-Dic	7-Ene	11-Ene	16-Ene	1-Abr
	R3	1-Dic	28-Dic	7-Ene	12-Ene	17-Ene	1-Abr
P4	R1	1-Dic	28-Dic	7-Ene	12-Ene	17-Ene	1-Abr
	R2	1-Dic	29-Dic	7-Ene	12-Ene	17-Ene	1-Abr
	R3	1-Dic	28-Dic	7-Ene	12-Ene	16-Ene	31-Mar
P5	R1	1-Dic	29-Dic	7-Ene	12-Ene	16-Ene	31-Mar
	R2	1-Dic	29-Dic	7-Ene	12-Ene	16-Ene	31-Mar
	R3	1-Dic	29-Dic	7-Ene	12-Ene	16-Ene	31-Mar
P6	R1	1-Dic	28-Dic	7-Ene	12-Ene	16-Ene	31-Mar
	R2	1-Dic	28-Dic	7-Ene	12-Ene	16-Ene	31-Mar
	R3	1-Dic	29-Dic	7-Ene	11-Ene	16-Ene	1-Abr
P7	R1	1-Dic	28-Dic	7-Ene	11-Ene	16-Ene	1-Abr
	R2	1-Dic	29-Dic	7-Ene	12-Ene	17-Ene	1-Abr
	R3	1-Dic	29-Dic	7-Ene	12-Ene	17-Ene	1-Abr
P8	R1	1-Dic	28-Dic	7-Ene	11-Ene	16-Ene	1-Abr
	R2	1-Dic	29-Dic	7-Ene	12-Ene	17-Ene	1-Abr
	R3	1-Dic	29-Dic	7-Ene	11-Ene	16-Ene	1-Abr
P9	R1	1-Dic	29-Dic	7-Ene	12-Ene	16-Ene	1-Abr
	R2	1-Dic	29-Dic	7-Ene	12-Ene	16-Ene	1-Abr
	R3	1-Dic	29-Dic	7-Ene	12-Ene	16-Ene	1-Abr
P10	R1	1-Dic	29-Dic	7-Ene	12-Ene	16-Ene	31-Mar
	R2	1-Dic	29-Dic	7-Ene	12-Ene	16-Ene	31-Mar
	R3	1-Dic	29-Dic	7-Ene	12-Ene	16-Ene	31-Mar

Anexo 11. Ficha de registro de fechas en las que ocurrieron los cambios de las fases fenológicas reproductivas en la segunda época (E2).

ÉPOCA 2							
PLANTA	REPETICIÓN	FENOLOGÍA REPRODUCTIVA (DÍAS)					
P1		YFH	YFA	BF	F	C	M
	R1	1-Ene	27-Ene	5-Feb	10-Feb	14-Feb	2-May
	R2	1-Ene	27-Ene	5-Feb	10-Feb	14-Feb	3-May
	R3	1-Ene	28-Ene	5-Feb	10-Feb	14-Feb	2-May
P2	R1	1-Ene	27-Ene	4-Feb	10-Feb	14-Feb	2-May
	R2	1-Ene	28-Ene	5-Feb	10-Feb	15-Feb	3-May
	R3	1-Ene	27-Ene	5-Feb	10-Feb	14-Feb	3-May
P3	R1	1-Ene	27-Ene	5-Feb	10-Feb	14-Feb	3-May
	R2	1-Ene	27-Ene	5-Feb	10-Feb	14-Feb	3-May
	R3	1-Ene	28-Ene	5-Feb	10-Feb	14-Feb	2-May
P4	R1	1-Ene	27-Ene	5-Feb	10-Feb	14-Feb	3-May
	R2	1-Ene	27-Ene	5-Feb	10-Feb	14-Feb	3-May
	R3	1-Ene	27-Ene	5-Feb	10-Feb	14-Feb	3-May
P5	R1	1-Ene	27-Ene	5-Feb	10-Feb	14-Feb	3-May
	R2	1-Ene	27-Ene	5-Feb	10-Feb	14-Feb	3-May
	R3	1-Ene	27-Ene	5-Feb	10-Feb	14-Feb	3-May
P6	R1	1-Ene	27-Ene	5-Feb	10-Feb	14-Feb	3-May
	R2	1-Ene	28-Ene	5-Feb	10-Feb	14-Feb	3-May
	R3	1-Ene	28-Ene	5-Feb	10-Feb	15-Feb	3-May
P7	R1	1-Ene	27-Ene	5-Feb	10-Feb	14-Feb	3-May
	R2	1-Ene	27-Ene	5-Feb	10-Feb	14-Feb	3-May
	R3	1-Ene	27-Ene	5-Feb	10-Feb	15-Feb	3-May
P8	R1	1-Ene	27-Ene	5-Feb	10-Feb	14-Feb	3-May
	R2	1-Ene	27-Ene	5-Feb	10-Feb	14-Feb	3-May
	R3	1-Ene	27-Ene	5-Feb	10-Feb	15-Feb	3-May
P9	R1	1-Ene	27-Ene	5-Feb	10-Feb	15-Feb	3-May
	R2	1-Ene	27-Ene	5-Feb	10-Feb	14-Feb	3-May
	R3	1-Ene	27-Ene	5-Feb	10-Feb	15-Feb	2-May
P10	R1	1-Ene	27-Ene	5-Feb	10-Feb	15-Feb	3-May
	R2	1-Ene	27-Ene	5-Feb	10-Feb	15-Feb	3-May
	R3	1-Ene	27-Ene	5-Feb	10-Feb	15-Feb	3-May

Anexo 12. Ficha de registro de fechas en las que ocurrieron los cambios de las fases fenológicas reproductivas en la tercera época (E3).

ÉPOCA 3							
PLANTA	REPETICIÓN	FENOLOGÍA REPRODUCTIVA (DÍAS)					
P1		YFH	YFA	BF	F	C	M
	R1	1-Feb	28-Feb	8-Mar	13-Mar	17-Mar	4-Jun
	R2	1-Feb	28-Feb	8-Mar	13-Mar	18-Mar	4-Jun
	R3	1-Feb	28-Feb	8-Mar	13-Mar	18-Mar	3-Jun
P2	R1	1-Feb	28-Feb	8-Mar	13-Mar	18-Mar	3-Jun
	R2	1-Feb	28-Feb	8-Mar	13-Mar	18-Mar	3-Jun
	R3	1-Feb	27-Feb	8-Mar	13-Mar	18-Mar	3-Jun
P3	R1	1-Feb	27-Feb	8-Mar	13-Mar	18-Mar	3-Jun
	R2	1-Feb	28-Feb	8-Mar	13-Mar	18-Mar	3-Jun
	R3	1-Feb	28-Feb	8-Mar	13-Mar	17-Mar	4-Jun
P4	R1	1-Feb	27-Feb	8-Mar	13-Mar	18-Mar	3-Jun
	R2	1-Feb	28-Feb	8-Mar	13-Mar	18-Mar	3-Jun
	R3	1-Feb	28-Feb	8-Mar	13-Mar	18-Mar	3-Jun
P5	R1	1-Feb	27-Feb	8-Mar	13-Mar	18-Mar	3-Jun
	R2	1-Feb	27-Feb	8-Mar	13-Mar	18-Mar	3-Jun
	R3	1-Feb	27-Feb	8-Mar	13-Mar	18-Mar	3-Jun
P6	R1	1-Feb	28-Feb	8-Mar	13-Mar	17-Mar	4-Jun
	R2	1-Feb	28-Feb	8-Mar	13-Mar	18-Mar	3-Jun
	R3	1-Feb	28-Feb	8-Mar	13-Mar	18-Mar	3-Jun
P7	R1	1-Feb	27-Feb	8-Mar	12-Mar	17-Mar	3-Jun
	R2	1-Feb	28-Feb	8-Mar	13-Mar	17-Mar	3-Jun
	R3	1-Feb	28-Feb	8-Mar	13-Mar	18-Mar	3-Jun
P8	R1	1-Feb	28-Feb	8-Mar	13-Mar	18-Mar	3-Jun
	R2	1-Feb	27-Feb	8-Mar	13-Mar	18-Mar	3-Jun
	R3	1-Feb	27-Feb	8-Mar	13-Mar	18-Mar	3-Jun
P9	R1	1-Feb	28-Feb	8-Mar	13-Mar	17-Mar	3-Jun
	R2	1-Feb	28-Feb	8-Mar	13-Mar	18-Mar	3-Jun
	R3	1-Feb	27-Feb	8-Mar	12-Mar	17-Mar	3-Jun
P10	R1	1-Feb	28-Feb	7-Mar	12-Mar	17-Mar	3-Jun
	R2	1-Feb	28-Feb	8-Mar	13-Mar	17-Mar	3-Jun
	R3	1-Feb	28-Feb	8-Mar	13-Mar	17-Mar	3-Jun

Anexo 13. Matriz de consistencia.

Título : Constante térmica para las fases fenológicas reproductivas de *Vaccinium corymbosum* “arándano” en el Fundo Santiago de Huatatas, Ayacucho.

Autor : Flores Ccenhua Mauricia

Asesor : Dr. Ochoa Yupanqui, Walter Wilfredo

PROBLEMA	OBJETIVOS	MARCO TEÓRICO	VARIABLES E INDICADORES	METODOLOGÍA
¿Cuál es la constante térmica para las fases fenológicas reproductivas de <i>Vaccinium corymbosum</i> “arándano”?	Objetivo general Determinar la constante térmica para las fases fenológicas reproductivas de <i>Vaccinium corymbosum</i> “arándano”. Objetivos específicos – Determinar la duración en días de las etapas fenológicas reproductivas de <i>Vaccinium corymbosum</i> “arándano”. – Describir la fenología reproductiva de <i>Vaccinium corymbosum</i> “arándano”.	Antecedentes Marco conceptual Constante térmica Obtención de la constante térmica Grado-Día-Desarrollo (GDD) Efecto de la temperatura Periodo fenológico Fenología <i>Vaccinium corymbosum</i> - arandano Bases teóricas Origen y distribución Clasificación taxonómica Características botánicas Fenología reproductiva Variedades Condiciones climáticas Métodos de propagación Técnicas de producción Manejo cultural Enfermedades Importancia agroecológica y económica	Variables e indicadores a) Variable independiente Constante térmica Indicadores °C alcanzados b) Variable dependiente Fenología reproductiva Indicadores Desarrollo del fruto (yema floral hinchada, yema floral abierta, botón floral, floración, cuajado y maduración).	Nivel de investigación: Básica Tipo de investigación: Descriptivo Población 2800 plantas de <i>Vaccinium corymbosum</i> establecidas en el Fundo Santiago de Huatatas. Tamaño de la muestra: 90 ramas de <i>Vaccinium corymbosum</i>. Técnica: Observación Análisis estadístico: Se empleará la prueba de ANOVA ($\alpha=0,05$) y si existe diferencias significativas se procederá a realizar la comparación de medias, mediante la prueba de Tukey.

**UNSCH**FACULTAD DE
CIENCIAS BIOLÓGICAS

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS
Bach. MAURICIA FLORES CCENHUA
RESOLUCIÓN DECANAL N° 498-2024-UNSCH-FCB-D

En la ciudad de Ayacucho, siendo las once de la mañana del día viernes veintinueve de noviembre del año dos mil veinticuatro; se reunieron los miembros del Jurado Evaluador en el Auditorio de la Facultad de Ciencias Biológicas de la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga, participando como presidente el Dr. Saturnino Martín Tenorio Bautista, Dr. Jesús De La Cruz Arango (miembro – jurado) Blgo. César Justo Rodolfo Vargas (miembro – jurado), Dra. Marta Romero Viacava (miembro – jurado). Dr. Walter Wilfredo Ochoa Yupanqui (miembro – asesor), actuando como secretario docente el Mg. Luis Uriel Moscoso García, para presenciar la sustentación de tesis titulado: **Constante térmica para las fases fenológicas reproductivas de *Vaccinium corymbosum* “arándano” en el Fundo Santiago de Huatatas, Ayacucho.**, presentado por la Bach. MAURICIA FLORES CCENHUA; el presidente luego de verificar la documentación presentada, indicó al secretario docente dar lectura a la documentación generada que refrenda el presente acto académico, luego de ello dispuso el inicio del acto de sustentación, indicando a la sustentante que dispone de cuarenta y cinco minutos para exponer su trabajo de investigación tal como establece el Reglamento de Grados y Títulos de la Escuela Profesional de Biología de la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga. Culminada la exposición, el presidente invitó a cada uno de los Miembros del Jurado a participar con sus observaciones, sugerencias y preguntas a la sustentante. Culminada esta etapa, el presidente invitó a la sustentante y al público asistente a abandonar momentáneamente el Auditorio de la Facultad de Ciencias Biológicas de la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga para que los miembros del jurado evaluador puedan realizar las deliberaciones y calificaciones; cuyos resultados son los que se consignan a continuación:

Miembros del jurado evaluador	Exposición	Respuesta/preguntas	Promedio
Dr. Jesús De La Cruz Arango	17	17	17
Blgo. César Justo Rodolfo Vargas	17	17	17
Dra. Marta Romero Viacava	18	17	18
		PROMEDIO	17

La sustentante alcanzó el promedio de 17 aprobatorio. Acto seguido, el presidente autorizó el ingreso de la sustentante y el público al Auditorio de la Facultad de Ciencias Biológicas de la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga dando a conocer los resultados e indicando que de este modo se da por finalizado el presente acto académico, siendo las doce con cincuenta minutos; firmando al pie del presente en señal de conformidad.

Dr. Saturnino Martín Tenorio Bautista
Presidente

Dr. Jesús De La Cruz Arango
Miembro – Jurado

Blgo. César Justo Rodolfo Vargas
Miembro – Jurado

Dra. Marta Romero Viacava
Miembro – Jurado

Dr. Walter Wilfredo Ochoa Yupanqui
Miembro – Asesor

Mg. Luis Uriel Moscoso García
Secretario docente



FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS
ESCUELA PROFESIONAL DE BIOLOGÍA

DECANATURA - ESCUELA PROFESIONAL DE BIOLOGÍA

CONSTANCIA DE ORIGINALIDAD DE TRABAJO DE TESIS

Nº 100-2024-FCB-D

Yo, FIDEL RODOLFO MUJICA LENGUA, Director de la Escuela Profesional de Biología de la Facultad de Ciencias Biológicas de la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga; autoridad encargada de verificar la tesis titulada: **Constante térmica para las fases fenológicas reproductivas de *Vaccinium corymbosum* "arándano" en el Fundo Santiago de Huatatas, Ayacucho.**, por MAURICIA FLORES CCENHUA; he constatado por medio del uso de la herramienta TURNITIN, procesado CON DEPÓSITO, una similitud de 20%, grado de coincidencia, menor a lo que determina la ausencia de plagio definido por el Reglamento de Originalidad de Trabajos de Investigación de la UNSCH, aprobado con Resolución del Consejo Universitario Nº 039-2021-UNSCH-CU.

En consecuencia, la tesis cumple con las normas para el uso de citas y referencias establecidas por la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga. Se acompaña el INFORME FINAL DE TURNITIN correspondiente.

Ayacucho, 31 de diciembre de 2024.



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN CRISTÓBAL DE HUAMANGA
FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS
Escuela Profesional de Biología

Dr. Fidel R. Mujica Lengua
DIRECTOR

Constante térmica para las fases fenológicas reproductivas de *Vaccinium corymbosum* “arándano” en el Fundo Santiago de Huatatas, Ayacucho.

por MAURICIA FLORES CCENHUA

Fecha de entrega: 30-dic-2024 02:55p.m. (UTC-0500)

Identificador de la entrega: 2558932450

Nombre del archivo: FLORES_CCENHUA_Mauricia_Pregrado_2024_TURNITIN.pdf (688.85K)

Total de palabras: 11781

Total de caracteres: 58815

Constante térmica para las fases fenológicas reproductivas de *Vaccinium corymbosum* "arándano" en el Fundo Santiago de Huatatas, Ayacucho.

INFORME DE ORIGINALIDAD

20%

INDICE DE SIMILITUD

19%

FUENTES DE INTERNET

1%

PUBLICACIONES

11%

TRABAJOS DEL
ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1

Submitted to Universidad Nacional de San
Cristóbal de Huamanga

Trabajo del estudiante

8%

2

repositorio.unsch.edu.pe

Fuente de Internet

3%

3

hdl.handle.net

Fuente de Internet

3%

4

repositorio.chapingo.edu.mx

Fuente de Internet

1%

5

www.canr.msu.edu

Fuente de Internet

1%

6

doczz.es

Fuente de Internet

1%

7

repository.udca.edu.co

Fuente de Internet

1%

8

repositorio.umsa.bo

Fuente de Internet

<1%

9

Submitted to Universidad Privada Antenor
Orrego

Trabajo del estudiante

<1%

10

1library.co

Fuente de Internet

<1%

11

www.colpos.mx

Fuente de Internet

<1%

12

repositorio.uaaan.mx

Fuente de Internet

<1%

13

repositorio.unimoron.edu.ar

Fuente de Internet

<1 %

14

doi.org

Fuente de Internet

<1 %

15

vsip.info

Fuente de Internet

<1 %

Excluir citas

Activo

Excluir coincidencias

< 30 words

Excluir bibliografía

Activo