



**ESPE**  
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS  
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

**DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA VIDA Y DE LA  
AGRICULTURA**

**CARRERA DE INGENIERÍA AGROPECUARIA**

**TRABAJO DE TITULACIÓN, PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL  
TÍTULO DE INGENIERO AGROPECUARIO**

**TEMA: DETERMINACIÓN DE GRADOS DÍA DESARROLLO EN LA  
FENOLOGÍA DE SIETE VARIEDADES DE *Chrysanthemum sp.* EN LA  
FLORÍCOLA FLORISOL**

**AUTOR: VILLARES GUAYASAMÍN, DAYSI CAROLINA**

**DIRECTOR: *Ing. M.Sc.* SORIA IDROVO, NORMAN AURELIO**

**SANGOLQUÍ**

**2018**



**ESPE**  
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS  
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

**DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA VIDA Y DE LA  
AGRICULTURA  
CARRERA DE INGENIERÍA AGROPECUARIA**

**CERTIFICACIÓN**

Certifico que el trabajo de titulación, ***“DETERMINACIÓN DE GRADOS DÍA DESARROLLO EN LA FENOLOGÍA DE SIETE VARIEDADES DE *Chrysanthemum sp.* EN LA FLORÍCOLA FLORISOL”*** fue realizado por la señorita ***Villares Guayasamín, Daysi Carolina*** el mismo que ha sido revisado en su totalidad, analizado por la herramienta de verificación de similitud de contenido; por lo tanto cumple con los requisitos teóricos, científicos, técnicos, metodológicos y legales establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, razón por la cual me permito acreditar y autorizar para que lo sustente públicamente.

**Sangolquí, 09 de marzo del 2018**

.....  
**Ing. MSc. Norman Aurelio Soria Idrovo**

**C.C. 1801206572**



**ESPE**  
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS  
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

**DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA VIDA Y DE LA  
AGRICULTURA  
CARRERA DE INGENIERÍA AGROPECUARIA**

**AUTORÍA DE RESPONSABILIDAD**

Yo, *Villares Guayasamín, Daysi Carolina*, declaro que el contenido, ideas y criterios del trabajo de titulación: *Determinación de grados día desarrollo en la fenología de siete variedades de Chrysanthemum sp. en la florícola Florisol* es de mi autoría y responsabilidad cumpliendo con los requisitos teóricos, científicos, metodológicos y legales establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, respetando los derechos intelectuales de terceros y referenciando las citas bibliográficas.

Consecuentemente el contenido de la investigación mencionada es veraz.

**Sangolquí, 09 de marzo del 2018**

.....  
**Daysi Carolina Villares Guayasamín**

**C.C. 1720677754**



**ESPE**  
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS  
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

**DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA VIDA Y DE LA  
AGRICULTURA  
CARRERA DE INGENIERÍA AGROPECUARIA**

**AUTORIZACIÓN**

*Yo, Villares Guayasamín, Daysi Carolina autorizo a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE publicar el trabajo de titulación: **Determinación de grados día desarrollo en la fenología de siete variedades de Chrysanthemum sp. en la florícola Florisol** en el Repositorio Institucional, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi responsabilidad.*

**Sangolquí, 09 de marzo del 2018**

.....  
**Daysi Carolina Villares Guayasamín**

**C.C. 1720677754**

## DEDICATORIA

A mi madre María, por ser mi apoyo incondicional, por sus consejos y por brindarme todo su amor, con su ejemplo me ha enseñado a luchar por mis propósitos.

A mi padre, Víctor, por ayudarme a conseguir este logro y por ofrecerme todo su cariño a pesar de la distancia.

A mi hija, Camila, quien ha sido mi luz, mi fuerza y mi fuente de motivación para culminar esta etapa; con su existir ha llenado mi vida de infinitos júbilos.

A Juan Pablo, por ser mi mejor amigo, por todos los momentos compartidos, por su gran amor y por animarme a culminar este propósito.

A mis hermanos, Víctor, Viviana y Christian, por ser un apoyo vital en el transcurso de mi carrera y orientarme a ser una mejor persona.

A mis sobrinos, quienes me han brindado varias alegrías.

**Daysi**

## AGRADECIMIENTO

A Dios por todas las bendiciones, oportunidades y sabiduría para culminar mi etapa universitaria.

A toda mi familia por su apoyo incondicional.

A Florisol y a todo el personal, por permitirme llevar de la mejor manera la investigación. En especial al Ing. Cristian Sánchez, Ing. Ema Fiallos e Ing. Ricardo Félix por compartir sus conocimientos y experiencia conmigo.

Al Ing. Norman Soria, quien apoyó este trabajo de investigación y siempre tuvo la predisposición para brindarme sus conocimientos.

Al Dr. Santiago Ulloa e Ing. Pablo Landázuri, por todo su apoyo y colaboración en el transcurso del ensayo.

A todos los docentes de la Carrera de Ingeniería Agropecuaria, por compartir sus conocimientos y vivencias; y por demostrarnos que “Para producir hay que dejar las oficinas, salir al campo y ensuciarse las manos ya que es el único lenguaje que entienden las plantas y animales”.

**Daysi**

## ÍNDICE DE CONTENIDOS

### CARÁTULA

CERTIFICADO DEL DIRECTOR.....i

AUTORÍA DE RESPONSABILIDAD.....ii

AUTORIZACIÓN.....iii

DEDICATORIA ..... iv

AGRADECIMIENTO ..... v

ÍNDICE DE CONTENIDOS ..... vi

ÍNDICE DE TABLAS..... x

ÍNDICE DE FIGURAS ..... xii

RESUMEN..... 1

ABSTRACT ..... 2

### CAPÍTULO I

#### INTRODUCCIÓN

1.1 Antecedentes..... 3

1.2 Formulación del problema..... 4

1.3 Justificación del problema ..... 5

1.4 Objetivos..... 7

1.4.1 Objetivo general ..... 7

1.4.2 Objetivos específicos ..... 7

### CAPÍTULO II

## MARCO TEÓRICO

2.1	Generalidades .....	8
2.1.1	Origen del Crisantemo.....	8
2.1.2	Taxonomía.....	8
2.1.3	Descripción Morfológica.....	9
2.1.4	Clasificación del Crisantemo.....	9
2.1.5	Requerimientos Agroclimáticos .....	10
2.1.6	Variedades .....	11
2.2	Crecimiento y desarrollo de las plantas.....	13
2.2.1	Crecimiento .....	13
2.2.2	Desarrollo .....	14
2.2.3	Fenología.....	14
2.2.4	Estados Fenológicos en Crisantemo .....	15
2.3	Temperatura y crecimiento vegetal.....	18
2.3.1	Temperatura Umbral o Base.....	18
2.3.2	Influencia de la Temperatura en Crisantemo.....	19
2.4	Grados Día Desarrollo.....	19
2.4.1	Definición .....	19
2.4.2	Cálculo de Grados Día Desarrollo.....	20
2.4.3	Método Residual.....	23
2.4.4	Aplicaciones .....	24
2.5	Efecto de la luz en las plantas.....	24
2.5.1	Fotoperiodo.....	24

2.5.2	Efecto de la luz en Crisantemo .....	25
2.5.3	Luz Fotosintética Activa.....	25
2.5.4	Luz Diaria Integrada .....	25
2.6	Índice Plastocrónico .....	26

### **CAPÍTULO III**

#### **MATERIALES Y MÉTODOS**

3.1	Lugar de la investigación.....	27
3.1.1	Ubicación Política .....	27
3.1.2	Ubicación Geográfica .....	27
3.1.3	Ubicación Ecológica.....	27
3.2	Materiales .....	28
3.3	Métodos .....	28
3.3.1	Diseño Experimental .....	28
3.3.2	Análisis Estadístico .....	30
3.3.3	Variables Medidas .....	31
3.3.4	Métodos Específicos para el Manejo del Experimento .....	33

### **CAPÍTULO IV**

#### **RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

4.1	Acumulación de grados día desarrollo en la fenología de siete variedades de <i>Chrysanthemum sp.</i> .....	35
4.1.1	Grados día desarrollo acumulados (°D) hasta botón arroz .....	38
4.1.2	Grados día desarrollo acumulados (°D) hasta botón arveja.....	40
4.1.3	Grados día desarrollo acumulados (°D) hasta botón garbanzo .....	41

4.1.4	Grados día desarrollo acumulados (°D) hasta mostrando color .....	42
4.1.5	Grados día desarrollo acumulados (°D) hasta cosecha .....	43
4.1.6	Días de cambio requeridos en la fenología de siete variedades de <i>Chrysanthemum sp.</i> ....	44
4.1.7	Relación de la acumulación de grados día sobre la fenología de <i>Chrysanthemum sp.</i> .....	47
4.2	Variables de crecimiento y acumulación de grados día desarrollo. ....	52
4.2.1	Longitud del tallo .....	52
4.2.2	Índice Plastocrónico .....	62
4.2.3	Diámetro de botón y acumulación de grados día desarrollo. ....	72
4.3	Variables meteorológicas y acumulación de grados día desarrollo. ....	76
4.3.1	Luz diaria integrada y acumulación de grados día desarrollo .....	76
4.3.2	Humedad relativa y acumulación de grados día desarrollo .....	79
4.3.3	Correlación de la integral de luz diaria, humedad relativa y acumulación de grados día desarrollo .....	81

## **CAPÍTULO V**

### **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

5.1	Conclusiones.....	83
5.2	Recomendaciones .....	84
5.3	Bibliografía .....	85

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1</b>	<i>Análisis de Varianza combinado entre variedades y estados fenológicos.....</i>	30
<b>Tabla 2</b>	<i>Grados día desarrollo acumulados en la fenología de siete variedades de Chrysanthemum sp.....</i>	37
<b>Tabla 3</b>	<i>Días después del trasplante y GDD requeridos para el cambio de estado fenológico en siete variedades de Chrysanthemum sp.....</i>	45
<b>Tabla 4</b>	<i>Funciones Log logísticas entre la fenología y acumulación de grados día desarrollo en Chrysanthemum sp.....</i>	49
<b>Tabla 5</b>	<i>Grados día desarrollo estimados en cinco estados fenológicos de siete variedades de Chrysanthemum sp.....</i>	51
<b>Tabla 6</b>	<i>Longitud de tallo y grados día desarrollo acumulados al trasplante y cosecha en siete variedades de Chrysanthemum sp.....</i>	52
<b>Tabla 7</b>	<i>Funciones Log logísticas entre la longitud de tallo y acumulación de grados día desarrollo en variedades Anastasia.....</i>	59
<b>Tabla 8</b>	<i>Funciones Log logísticas entre la longitud del tallo y acumulación de grados día desarrollo en variedades Estándar.....</i>	62
<b>Tabla 9</b>	<i>Índice plastocrónico y grados día desarrollo acumulados al trasplante y cosecha en siete variedades de Chrysanthemum sp.....</i>	63
<b>Tabla 10</b>	<i>Funciones Log logísticas entre el índice plastocrónico y acumulación de grados día desarrollo en variedades Anastasia.....</i>	69
<b>Tabla 11</b>	<i>Funciones Log logísticas entre el índice plastocrónico y acumulación de grados día desarrollo en variedades Estándar.....</i>	72

<b>Tabla 12</b>	<i>Diámetro de botón y grados día desarrollo acumulados en la fenología de siete variedades de Chrysanthemum sp.</i> .....	73
<b>Tabla 13</b>	<i>Luz diaria integrada acumulada (<math>\text{mol.m}^{-2}</math>) en la fenología de siete variedades de Chrysanthemum sp.</i> .....	77
<b>Tabla 14</b>	<i>Humedad relativa acumulada (%HR) en la fenología de siete variedades de Chrysanthemum sp.</i> .....	79

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1</b>	Estados fenológicos de <i>Chrysanthemum sp.</i> .....	16
<b>Figura 2</b>	Método del triángulo simple .....	21
<b>Figura 3</b>	Método del triángulo doble .....	21
<b>Figura 4</b>	Método del seno simple .....	22
<b>Figura 5</b>	Método del seno doble .....	22
<b>Figura 6</b>	Ubicación geográfica de la florícola Florisol.....	27
<b>Figura 7</b>	Valores diarios de temperatura máxima (T <sub>máx</sub> ), temperatura mínima (T <sub>mín</sub> ), grados día desarrollo (GDD) y humedad relativa (HR) registrados en el periodo del 7 de junio al 5 de septiembre del 2017.....	35
<b>Figura 8</b>	Estados fenológicos en función de la acumulación de grados día desarrollo y días de cambio en siete variedades de <i>Chrysanthemum sp.</i> .....	36
<b>Figura 9</b>	Estado botón arroz en siete variedades de <i>Chrysanthemum sp.</i> .....	38
<b>Figura 10</b>	Comparación de medias para la acumulación de grados día desarrollo en la fenología de siete variedades de <i>Chrysanthemum sp.</i> .....	39
<b>Figura 11</b>	Estado botón arveja en siete variedades de <i>Chrysanthemum sp.</i> .....	40
<b>Figura 12</b>	Estado botón garbanzo en siete variedades de <i>Chrysanthemum sp.</i> .....	41
<b>Figura 13</b>	Estado mostrando color en siete variedades de <i>Chrysanthemum sp.</i> .....	42
<b>Figura 14</b>	Estado Cosecha en siete variedades de <i>Chrysanthemum sp.</i> .....	43
<b>Figura 15</b>	Comparación de medias para los días de cambio en la fenología de siete variedades de <i>Chrysanthemum sp.</i> .....	46

<b>Figura 16</b>	Relación entre la fenología y acumulación de grados día desarrollo en siete variedades de <i>Chrysanthemum sp.</i> .....	48
<b>Figura 17</b>	Modelos estimados para la fenología en función de la acumulación de grados día desarrollo en siete variedades de <i>Chrysanthemum sp.</i> .....	48
<b>Figura 18</b>	Comparación de medias para la longitud del tallo al trasplante y cosecha en siete variedades de <i>Chrysanthemum sp.</i> .....	53
<b>Figura 19</b>	Longitud del tallo vs grados día desarrollo en función del tiempo en variedades Anastasias.....	55
<b>Figura 20</b>	Longitud del tallo vs Grados Día Desarrollo en función del tiempo en variedades Estándares.....	56
<b>Figura 21</b>	Longitud del tallo en función de la acumulación de grados día desarrollo en siete variedades de <i>Chrysanthemum sp.</i> .....	57
<b>Figura 22</b>	Modelos estimados para la longitud del tallo en función de la acumulación de grados día desarrollo en variedades Anastasia.....	58
<b>Figura 23</b>	Modelos estimados para la longitud del tallo en función de la acumulación de grados día desarrollo en variedades Estándares.....	61
<b>Figura 24</b>	Comparación de medias para el índice plastocrónico al trasplante y cosecha en siete variedades de <i>Chrysanthemum sp.</i> .....	64
<b>Figura 25</b>	Longitud del tallo vs Grados Día Desarrollo en función del tiempo en variedades Anastasias.....	65
<b>Figura 26</b>	Índice plastocrónico vs Grados Día Desarrollo en función del tiempo en variedades Estándares.....	66

<b>Figura 27</b>	Índice plastocrónico en función de la acumulación de grados día desarrollo en siete variedades de <i>Chrysanthemum sp.</i> .....	67
<b>Figura 28</b>	Modelos estimados para el Índice Plastocrónico en función de grados día en variedades Anastasias. ....	68
<b>Figura 29</b>	Modelos estimados para el Índice Plastocrónico en función de grados día en variedades Estándar.....	70
<b>Figura 30</b>	Comparación de medias para el diámetro de botón en la fenología de siete variedades de <i>Chrysanthemum sp.</i> .....	75
<b>Figura 31</b>	Comparación de medias para la acumulación de luz diaria integrada en la fenología de siete variedades de <i>Chrysanthemum sp.</i> .....	78
<b>Figura 32</b>	Comparación de medias para la acumulación de humedad relativa en la fenología de siete variedades de <i>Chrysanthemum sp.</i> .....	80
<b>Figura 33</b>	Matriz de dispersión con correlaciones entre Grados Día Desarrollo, Luz diaria integrada y Humedad relativa .....	82

## RESUMEN

Un grado día desarrollo es un parámetro que cuantifica la energía necesaria para que ocurra un cambio fenológico; por lo tanto, permite estimar el desarrollo de las plantas. El propósito de este estudio fue determinar la acumulación de grados día desarrollo en cinco estados fenológicos de siete variedades de *Chrysanthemum sp.*, agrupadas en dos categorías según la demanda de luz artificial: Anastasias y Estándares. El ensayo se estableció en la finca Florisol, ubicada en la parroquia de Chavezpamba (Quito, Ecuador). Los grados día desarrollo se obtuvieron por el método residual y fueron establecidos desde el trasplante hasta el cambio de cada etapa. Los estados fenológicos observados fueron: botón arroz, botón arveja, botón garbanzo, mostrando color y cosecha. La longitud del tallo y el índice plastocrónico fueron medidos cada semana. El requerimiento térmico entre grupos fue estadísticamente diferente (Tukey <0.05%). Las variedades Anastasias fueron precoces, su ciclo fue de 78.5 días al acumular 1277.30°D. Las variedades Estándar fueron tardías, necesitaron de 93 días y una acumulación de 1542.9 °D para la cosecha. El modelo log logístico de cuatro parámetros:  $f(x) = c + \frac{d-c}{1 + \exp(b(\log(x) - \log(e)))}$  fue el más apropiado para relacionar la fenología en función de grados día desarrollo; este modelo también se utilizó para relacionar las variables de crecimiento con grados día. La correlación de Pearson entre la acumulación de grados día, luz diaria integrada y humedad relativa fue positiva ( $r=1$ ).

### PALABRAS CLAVE:

- *Chrysanthemum sp.*
- FENOLOGÍA
- GRADOS DÍA DESARROLLO
- LUZ DIARIA INTEGRADA
- ÍNDICE PLASTOCRÓNICO

## ABSTRACT

A growing degree day is a parameter that quantifies the energy necessary for to occur a phenological change; therefore, it allows estimating the development of the plants. The purpose of this study was to determine the accumulation of growing degree days in five phenological stages of seven varieties of *Chrysanthemum sp.*, grouped into two categories depending on the demand of artificial light: Anastasias and Standards. The trial was established at the Florisol farm, located in the parish of Chavezpamba (Quito, Ecuador). The growing degree days were obtained by the residual method and were established from the transplant until the change of each stage. The observed phenological stages were: button rice, button pea, button chickpea, which shows the color and harvest. The stem length and plastochronic index were measured every week. The thermal requirement between groups was statistically different (Tukey <0.05%). The Anastasias varieties were precocious; their cycle was of 78.5 days after accumulating 1277.30°D. The Standards varieties were belated, needed 93 days and an accumulation of 1542.9 ° D for the harvest. The log logistic model of four parameters:  $f(x) = c + \frac{d-c}{1+\exp(b(\log(x)-\log(e)))}$  was the most appropriate to relate the phenology in function on the growing degree days; this model was also used to relate the variables of growth with degree days. The Pearson correlation between the accumulation of degree days, daily light integral and relative humidity was positive ( $r = 1$ ).

## KEYWORDS:

- *Chrysanthemum sp.*
- PHENOLOGY
- GROWING DEGREE DAYS
- DAILY LIGHT INTEGRAL
- PLASTOCRONIC INDEX

# CAPÍTULO I

## INTRODUCCIÓN

### 1.1 Antecedentes

La actividad florícola en el Ecuador inició en la década de los 70 pero a partir de los años 90 se expande hasta convertirse en un sector económico de gran importancia en la serranía ecuatoriana. Esta actividad ha presentado un constante crecimiento que se evidencia en el aumento de la superficie cultivada. En el año de 1996 se cultivaban 1486.96 hectáreas de flores mientras que en el 2016 se registraron 8006 hectáreas dedicadas al cultivo de flores permanentes y transitorias (Instituto Nacional de Estadísticas y Censos, 2016). La flor ecuatoriana es considerada como la mejor del mundo debido a su belleza y características inigualables como tallos gruesos y largos, botones grandes, diversidad de colores y larga vida en florero (Pro Ecuador, 2013).

En el país se encuentran registradas 629 fincas florícolas pero tan sólo 158 se dedican al cultivo de flores de verano, las cuales producen el 21 % de la totalidad de flores cultivadas en el país (Pro Ecuador, 2015). Los principales mercados de exportación son Estados Unidos, Unión Europea y Rusia.

La agricultura es una actividad ligada al clima, por tal motivo el cambio climático que se registra a nivel mundial afecta el desarrollo de las plantas. Principalmente las variaciones en la temperatura provocan afectaciones en el crecimiento de las plantas (Noriega, Preciado, Andrio, Terrón , & Covarrubias, 2011). Según la (Comisión Económica para América Latina y el Caribe, 2012), las proyecciones del cambio climático en el Ecuador alteran los valores de temperatura y

pluviosidad, esto influye en el rendimiento de los cultivos y principalmente en los ciclos de crecimiento de las plantas.

La tasa de crecimiento de las plantas resulta de la diferencia entre la temperatura media ambiental y la temperatura basal. Según (Jaramillo, 2010), el parámetro empleado para cuantificar este proceso es la suma de grados día.

La acumulación de grados día desarrollo es una herramienta importante para el manejo de los cultivos, ayuda a anticipar acontecimientos biológicos que mejoran el control de plagas. Según la (Universidad de California, 2016), “un grado día es una unidad que combina el tiempo y la temperatura para estimar el desarrollo de un organismo a partir de un punto a otro en su ciclo de vida”. Varios autores han utilizado esta metodología con la finalidad de elaborar modelos fenológicos (González, y otros, 2011); (De la Rosa, 2013); (Valdez, Soto, Osuna , & Báez, 2012); (Nunes, Castro, & Leite, 2016); (Zapata, Salazar, Chaves, Keller, & Hoogenboom, 2017); (Leao, Gonçalves, & Costa, 2017), modelos predictivos de cosecha y rendimiento (Ortega, Flores, & León, 2002) y modelos de predicción de aparición de nudos (López, Chaves, Flórez, & Salazar, 2010).

El aumento de la temperatura promedio puede disminuir los periodos fenológicos de un cultivo, ya que la acumulación de grados día sería más acelerada. Pero se debe considerar que la exposición a temperaturas extremas puede tener consecuencias negativas sobre todo en el rendimiento de los cultivos (Jaramillo, 2010).

## **1.2 Formulación del problema**

La Florícola Florisol ubicada en la parroquia de Chavezpamba se dedica a la producción y exportación de flores de verano. El cultivo de crisantemo constituye el 70% de la producción en la finca. La venta de la flor se realiza bajo compromisos previamente pactados considerando la

cantidad y la calidad de flor. Por consiguiente, la empresa debe planificar la siembra bajo un cronograma que considere el ciclo fenológico y el rendimiento esperado.

Sin embargo, esta flor ha presentado una gran variabilidad en el tiempo de cosecha medido en días después de la siembra. Esta fluctuación se relaciona principalmente con los cambios drásticos de temperatura, que influyen en la acumulación de grados día desarrollo que necesita cada variedad de crisantemo durante su ciclo fenológico. La falta de información acerca de la tecnología de grados día desarrollo en la florícola ha ocasionado que la empresa tenga pérdidas económicas debido a la dificultad de hacer coincidir el tiempo de cosecha con las épocas de mayor demanda, periodos en los cuales se refleja un incremento del tallo de hasta el 22 % en el mercado internacional.

### **1.3 Justificación del problema**

El sector florícola es una actividad económica de gran importancia en la serranía ecuatoriana, en la actualidad ocupa el cuarto rubro dentro de las exportaciones no petroleras y ofrece alrededor de 105 mil puestos de trabajo directos e indirectos (El Telégrafo, 2017). Las exportaciones de flores han presentado ligeros incrementos, exportándose 148 mil toneladas en el 2017 en comparación al año 2015 en el cual se exportaron 137 mil toneladas de flor (Pro Ecuador, 2018). Según el (Banco Central del Ecuador, 2018), en el 2017, las exportaciones de flores naturales alcanzaron 819 millones de dólares FOB.

El crisantemo producido en el país, también ha manifestado un incremento en toneladas exportables. En el 2014 se exportaron 180 toneladas y hasta febrero del 2017 se registraron 181 toneladas de flor cortada destinada a mercado internacional (Pro Ecuador, 2017). Según (Expoflores, 2017), en el primer trimestre del año pasado se exportaron 270 toneladas correspondientes a 1,3 millones de dólares FOB.

Los cambios climáticos afectan el crecimiento y desarrollo de las plantas. El crisantemo es una especie sensible a cambios de temperatura y luminosidad. Estas variaciones afectan el tiempo de floración, tiempo de cosecha e inciden en el diámetro de la flor (Nothnagl, Kosiba, & Larsen, 2004). (Jaramillo, 2010), señala que la tasa de crecimiento depende del diferencial entre la temperatura media ambiental y la temperatura basal, conocido como la metodología de grados día desarrollo.

La florícola Florisol tiene una superficie cultivable de 11,95 hectáreas de las cuales el 75 % está destinado al cultivo de crisantemo. Anualmente se producen alrededor de 16 millones de tallos destinados en su totalidad a exportación. El mayor problema que se ha reportado en la finca es el error de estimación en la fecha de cosecha sobretodo en épocas de mayor demanda como San Valentín y Día de las Madres, épocas en las cuales se registra un incremento del costo del tallo de hasta 22 %.

Esta problemática influye en parámetros de calidad y tiempo de cosecha, ocasionando pérdidas económicas. Por estas razones, fue importante establecer una metodología para comprender el desarrollo de la planta de crisantemo en función de las variaciones de temperatura y determinar la energía necesaria para el cambio de cada etapa fenológica. Además, se obtuvo un modelo predictivo, que permitirá predecir la época de cosecha en periodos de mayor demanda, en los cuales se registra un incremento del costo de la flor. Conjuntamente se elaboró modelos matemáticos que relacionan la longitud del tallo e índice plastocrónico con la acumulación de grados día y pueden ser empleados como herramientas para mejorar la calidad de la flor.

## **1.4 Objetivos**

### **1.4.1 Objetivo general**

Determinar la influencia de la acumulación de grados día desarrollo sobre la fenología de siete variedades de *Chrysanthemum sp.* de importancia económica cultivados en la finca Florisol con la finalidad de recopilar información para planificar la producción en épocas de mayor demanda.

### **1.4.2 Objetivos específicos**

- Establecer la acumulación de grados día desarrollo en siete variedades de *Chrysanthemum sp.* en cada estado fenológico desde el trasplante hasta la cosecha con la finalidad de conocer el comportamiento fenológico del cultivo.
- Describir la relación entre longitud del tallo, índice plastocrónico y acumulación de grados día desarrollo para cada variedad en estudio como indicadores de crecimiento.
- Correlacionar la integral de luz diaria, humedad relativa y la acumulación de grados día desarrollo para cada variedad con el propósito de recopilar información necesaria para la empresa.
- Exponer los resultados obtenidos a la gerencia y técnicos de la finca como medio de difusión de la investigación.

## CAPÍTULO II

### MARCO TEÓRICO

#### 2.1 Generalidades

##### 2.1.1 Origen del Crisantemo

Según (Rimache, 2011), el crisantemo es originario del continente asiático, en China es empleado como ornamental desde hace más de dos mil años y en Japón se ha convertido en una flor santa siendo un símbolo de larga vida, en la actualidad la flor de crisantemo está presente en la bandera nacional de Japón. Al principio del siglo XX se introdujeron algunos cultivares en Europa y así se expandió hacia Occidente.

El uso del crisantemo fue registrado en los escritos del filósofo chino Confucio hace 500 años a.C., por siglos esta flor fue cultivada para propósitos medicinales y decorativos Locked, 1990, citado en (González & Flores, 2010). El Crisantemo cultivado en la actualidad es un híbrido complejo obtenido de cultivares originarios de china como *Chrysanthemum indicum*, *Chrysanthemum morifolium* y *Chrysanthemum x hortorum*.

##### 2.1.2 Taxonomía

Fortune citado por (Mixtega, 2007), afirma que el crisantemo presenta la siguiente clasificación taxonómica:

División: Magnoliophyta

Clase: Magnoliopsida

Subclase: Asteridae

Orden: Asterales

Familia. Asteraceae

Género: *Chrysanthemum*

Especie: *Chrysanthemum sp*

### **2.1.3 Descripción Morfológica**

Según (Könemann, 2006), la planta de crisantemo puede llegar a medir 1,5 m de altura aunque puede variar dependiendo de la variedad o cultivar. Tienen tallos leñosos que surgen de una masa de rizomas rastreros y hojas lobuladas, dentadas o rugosas de hasta 8 cm de largo de color verde en diferentes gamas y con enveses afieltrados grises. La inflorescencia es un capítulo formado por flores femeninas (ubicadas en la zona radial) y hermafroditas (localizadas en la zona central). El receptáculo tiene forma convexa o plana y está envuelto por brácteas (Rimache, 2011).

### **2.1.4 Clasificación del Crisantemo**

#### **a) Clasificación según la forma de la inflorescencia**

Según (Rimache, 2011), las inflorescencias se pueden clasificar en Sencillas: Compuestas de una o dos hileras de flores radiales y con flores hermafroditas en el centro. Anémonas: Son similares a las inflorescencias sencillas pero presentan flores concéntricas tubulares y alargadas. Recurvadas: Estas inflorescencias tienen forma globular con flores radiales recurvadas hacia el centro. Reflejas: Se caracterizan por presentar forma redonda y las flores radiales se doblan hacia afuera y hacia abajo. Araña, pluma, cuchara: Las flores radiales se incurvan y tienen forma tubular exceptuando el caso de la forma cuchara. Pompones: Están constituidos por flores radiales cortas y uniformes. Presentan forma globular y carecen de flores concéntricas. Decorativas: Son parecidas a los pompones pero las hileras exteriores son más largas que las centrales, presentando una forma plana.

**b) Clasificación de acuerdo a su uso comercial.**

Existen dos formaciones comerciales de crisantemo, tipo estándar y spray Hernández, 1999, citado por (Mixtega, 2007). Las flores tipo estándar se obtienen cuando se eliminan todos los capullos florales permitiendo una inflorescencia por tallo al contrario las flores tipo spray se forman con la eliminación del capullo terminal Salinger, 1991, citado por (Loera, 2013).

**c) Clasificación según su respuesta fisiológica a la temperatura y fotoperiodo**

Según Salinger citado por (Infoagro, 2014), el crisantemo puede clasificarse según la respuesta fisiológica en crisantemos de floración temprana, crisantemos de todo el año, cultivares termo cero, termo positivos y termo negativos. Los crisantemos de floración temprana son aquellos que florecen a temperaturas cálidas mayores a 15°C independientemente del fotoperiodo mientras que el grupo de floración de todo el año responde al fotoperiodo, específicamente a días cortos.

Los cultivares termocero manifiestan poca inhibición floral entre 10 °C y 27 °C, estableciéndose 15.5 °C como temperatura óptima para la floración. Los termo positivos se inhiben por debajo de los 15.5 °C, deteniendo el desarrollo de las yemas florales y los cultivares termo negativos inhiben su floración por encima de los 15 °C y no deben ser cultivados en época de verano (Rimache, 2011).

**2.1.5 Requerimientos Agroclimáticos****a) Fotoperiodo**

El crisantemo es una planta de día corto. Es decir, que la duración del día influye en la iniciación y desarrollo floral. Por tal razón se distinguen dos periodos: vegetativo y reproductivo. El vegetativo demanda días largos en los que se requieren un mínimo de 16 horas de luz natural o artificial. En el reproductivo debe haber al menos 13 horas de oscuridad (días cortos), en países ecuatoriales deben ser al menos 12 horas por noche (Fides, 1990).

### b) Temperatura

La temperatura es un factor muy importante sobre todo en la floración. En el crisantemo la temperatura nocturna determina la velocidad de formación del brote. (Fides, 1990), señala la importancia de emplear esquejes obtenidos de plantas madres que crecen a temperaturas entre 17 y 18°C.

### c) Humedad Relativa

Un nivel de humedad relativa entre 70 y 90% se considera más adecuado para crisantemos. Los niveles altos y bajos de humedad tienen un efecto inhibitor sobre el crecimiento del cultivo. Los altos niveles de humedad por encima de 90-95% aumentan los ataques de hongos y bacterias.

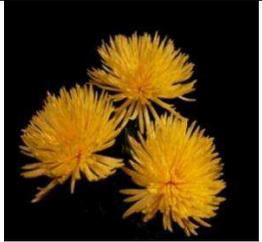
## 2.1.6 Variedades

A continuación se presentan las características más importantes de las variedades en un formato de ficha técnica.

### a) Ficha Técnica de la variedad White Anastasia

Grupo	Anastasias	
Color	Blanco	
Longitud de botón	5.5 cm	
Diámetro de botón	9.5 cm	
Longitud de tallo	70 cm	
Diámetro de tallo	4.5 mm	

### b) Ficha Técnica de la variedad Sunny Anastasia

Grupo	Anastasias	
Color	Amarillo	
Longitud de botón	6.5 cm	
Diámetro de botón	10.5 cm	
Longitud de tallo	70 cm	
Diámetro de tallo	5mm	

**c) Ficha Técnica de la variedad Green Anastasia**

Grupo	Anastasias	
Color	Verde	
Longitud de botón	5 cm	
Diámetro de botón	9 cm	
Longitud de tallo	70 cm	
Diámetro de tallo	5 mm	

**d) Ficha Técnica de la variedad Lilac Anastasia**

Grupo	Anastasias	
Color	Lila	
Longitud de botón	5.5 cm	
Diámetro de botón	9.5 cm	
Longitud de tallo	70 cm	
Diámetro de tallo	4.5 mm	

**e) Ficha Técnica de la variedad White Albatros**

Grupo	Standart	
Color	Blanco	
Longitud de botón	5 cm	
Diámetro de botón	9 cm	
Longitud de tallo	70 cm	
Diámetro de tallo	4.5 mm	

**f) Ficha Técnica de la variedad Yellow Albatros**

Grupo	Standart	
Color	Amarillo	
Longitud de botón	5 cm	
Diámetro de botón	9 cm	
Longitud de tallo	70 cm	
Diámetro de tallo	4.5 mm	

### g) Ficha Técnica de la variedad Resomme

Grupo	Standart	
Color	Lila	
Longitud de botón	5.5 cm	
Diámetro de botón	10 cm	
Longitud de tallo	70 cm	
Diámetro de tallo	4.5 mm	

## 2.2 Crecimiento y desarrollo de las plantas

Un organismo vegetal es producido debido a la relación integral entre crecimiento y desarrollo. El crecimiento hace referencia a cambios cuantitativos mientras que el desarrollo a cambios cualitativos. De tal forma, el crecimiento puede darse sin que exista desarrollo y el desarrollo sin crecimiento pero siempre están combinados en un solo proceso (Bidwell, 1993).

Según (Azcón & Talón, 2013), el “desarrollo o morfogénesis se define como el conjunto de cambios graduales y progresivos en tamaño (crecimiento), estructura y función (diferenciación) que hace posible la transformación de un cigoto en una planta completa” (p. 351).

Es importante considerar que factores meteorológicos como luz, fotoperiodo, temperatura, precipitación, humedad y viento; factores edáficos como topografía, pendiente y propiedades del suelo; y factores bióticos como plagas, enfermedades y competencia influyen en el crecimiento y desarrollo de las plantas (Menzel, 2002).

### 2.2.1 Crecimiento

El crecimiento es un fenómeno cuantitativo que hace referencia al volumen, masa, longitud o peso de la planta y que puede ser medido bajo parámetros como calibre, grosor, acumulación de materia seca, índice de área foliar y número de nudos (Fernández, 1982). El crecimiento en las plantas es producido por la división y la expansión de células vegetales.

### 2.2.2 Desarrollo

El desarrollo es cualitativo y engloba procesos de diferenciación o cambios estructurales y fisiológicos que conforman una serie de eventos sucesivos (Fernández, 1982). Los cambios pueden ser graduales o repentinos, casi siempre ordenados y se dirigen a un estado superior más complejo. Varios acontecimientos que destacan en el desarrollo de las plantas como germinación, floración o senectud aparecen súbitamente como un importante cambio en el esquema de crecimiento de la planta. Otros procesos se desarrollan en forma lenta o gradual durante toda la vida de la planta o una parte de ella (Bidwell, 1993).

### 2.2.3 Fenología

Todos los organismos pluricelulares atraviesan por diferentes fases de desarrollo. En los animales estos cambios se evidencian en todo el organismo pero en las plantas solo se producen en los meristemos apicales de los brotes. La fenología de la planta se describe como los cambios que se producen desde la emergencia hasta su madurez y están influenciados por las condiciones ambientales Salazar *et al.*, 2013, citado en (Lescano, 2016). Las plantas atraviesan por distintas fases en su desarrollo, comenzando con una etapa juvenil, otra adulta vegetativa y terminando con una adulta reproductiva. El cambio morfológico que ocurre entre estas transiciones se denomina cambio de fase (Campbell & Reece, 2007).

De acuerdo con (Shivana & Tandon, 2014), la fenología se refiere a “las respuestas de los organismos vivos a los cambios estacionales y climáticos. En las plantas con flores, suceden varios eventos reproductivos que siguen un patrón estacional como: el comienzo de la floración, la fructificación y la dispersión de la semilla” (p.19).

La fenología de la vegetación es altamente sensible al cambio climático. Los cambios fenológicos de las plantas están altamente correlacionados con los cambios de temperatura. En

zonas templadas el ciclo de la planta está directamente relacionado con la temperatura y el fotoperiodo (Richardson, y otros, 2013) .Sin embargo, existe una gran variación entre las especies en cuanto a su duración, intensidad y frecuencia.

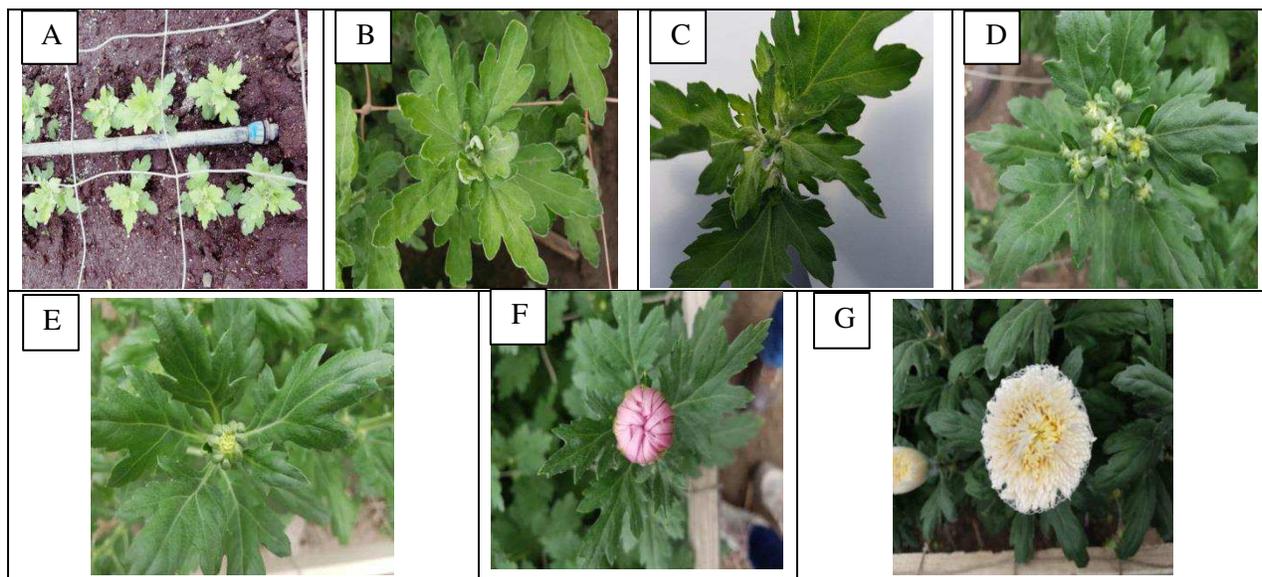
(Puñuelas & Filella, 2001), manifiestan que en el campo agrícola aspectos como cosecha idónea, el rendimiento potencial, la duración de desarrollo, el riesgo de daño por helada, la epidemiología de plagas o enfermedades y la calidad dependen de la fenología de las plantas. El conocimiento oportuno de la fenología del cultivo permite aplicar técnicas de manejo preventivas que aseguren la calidad de la flor.

Los estados fenológicos estudian como suceden los distintos estados morfológicos, cada estado es característico y específico en cada especie. (Villaseca, Novoa, & Muñoz, 1986) y (Noriega, Preciado, Andrio, Terrón , & Covarrubias, 2011), manifiestan que el cambio de estado fenológico ocurre cuando el 50% de individuos modifica su condición morfológica.

#### **2.2.4 Estados Fenológicos en Crisantemo**

Según (Florisol, 2017), el crisantemo presenta siete etapas fenológicas desde el trasplante hasta la madurez comercial (Figura 1).

El crisantemo durante su ciclo de vida presenta una fase vegetativa y una reproductiva. Dentro del periodo vegetativo se destacan dos estados fenológicos que se originan de la demanda de fotoperiodo de esta especie. En la fase reproductiva se visualizan cinco estados en los cuales se forma su inflorescencia.



**Figura 1** Estados fenológicos de *Chrysanthemum sp.*

(A) Vegetativo luz, (B) Vegetativo sin luz, (C) Botón arroz, (D) Botón arveja, (E) Botón garbanzo, (F) Mostrando color, (G) Cosecha

#### a) Vegetativa I

En la fase vegetativa se distinguen dos estados fenológicos que están relacionados con los requerimientos de luz artificial. El estado vegetativo I comprende el periodo entre el trasplante y el corte de luz artificial. El grupo de anastacias la luz es suministrada por 21 días y el grupo de estándares recibe luz por 32 días (Florisol, 2017).

#### b) Vegetativa II

Según (Florisol, 2017), la etapa vegetativa II comienza desde el día en que se elimina la luz artificial hasta el apareamiento del botón. En anastacias dura 22 días y en estándares 24 días. En esta etapa se elimina el suplemento de luz artificial.

#### c) Botón arroz

La iniciación floral se evidencia con el apareamiento del botón arroz lo que explica que ha iniciado la etapa reproductiva del crisantemo. Esta fase se caracteriza porque en la zona apical de la planta se observa un pequeño botón floral que asemeja al tamaño de un grano de arroz, de ahí

viene su nombre. Según (Florisol, 2017), esta característica se observa a los 42 días del trasplante en anastacias y 56 días en estándares.

#### **d) Botón arveja**

En este estadio fenológico el botón se muestra más ensanchado y adquiere una forma más redondeada, su tamaño se parece a una arveja con coloración verdosa y se observa la presencia de algunos botones florales por planta. Este acontecimiento se registra a los 50 y 65 días después de la siembra en anastacias y estándares, respectivamente (Florisol, 2017).

#### **e) Botón garbanzo**

El estado de botón garbanzo se desarrolla a partir de los 55 días después del trasplante en anastacias y 70 días en estándares (Florisol, 2017). Éste se caracteriza por ser un botón bastante ensanchado, con una coloración verde oscura en la periferia y amarilla verdosa mientras más se acerca al centro. A medida que avanza este estadio el botón aumenta de diámetro y la coloración amarilla tiende a crecer hacia los extremos.

#### **f) Mostrando color**

A partir de los 60 y 75 días después de la siembra, tanto en Anastacias y Estándares (Florisol, 2017), se observa los primeros pétalos que indican el color característico de la variedad. Conforme avance esta etapa, aumenta la longitud de las lígulas florales y crece el diámetro de la inflorescencia. También se intensifica la coloración.

#### **g) Cosecha**

En ésta fase la inflorescencia llega a su máximo desarrollo, conllevando a la cosecha comercial. Se realiza a los 80 días después de la siembra en anastacias y 91 días después de la siembra en estándares.

## **2.3 Temperatura y crecimiento vegetal**

El crecimiento de la planta es sensible a la temperatura influyendo sobre procesos esenciales del desarrollo de la planta. En ocasiones un cambio de pocos grados da lugar a un cambio significativo en la tasa de crecimiento (Parker, 2000). Los procesos fisiológicos que se realizan durante el crecimiento y desarrollo están determinados por la temperatura. Cada especie cultivada tiene una temperatura mínima, máxima y óptima para su desarrollo normal y sobrevivencia. Cuando la temperatura excede o baja de esos límites el crecimiento y el rendimiento de los cultivos se ven afectados Ulukan, 2008, citado por (Chávez & Gutierrez, 2017).

### **2.3.1 Temperatura Umbral o Base**

Cada especie vegetal tiene temperaturas críticas o cardinales que definen los requerimientos de calor necesarios para su crecimiento y desarrollo. A la temperatura más baja a la cual la planta crece y la temperatura más alta a la cual la planta crece también se les conoce como temperaturas umbrales. Además de las temperaturas cardinales existen las temperaturas letales, las cuales provocan la muerte de la planta.

La temperatura máxima es la temperatura más alta a la cual se desarrolla un cultivo, las plantas presentan su máximo desarrollo cuando son expuestas a una temperatura óptima y la temperatura mínima o umbral inferior es la temperatura más baja que resiste la planta y no presenta daño fisiológico, bajo este nivel de temperatura el desarrollo de las plantas decrece llegando a detenerse. En el caso del crisantemo la temperatura base que se reporta es de 8 °C (Carvalho, 2014); (Andrade, 2009).

(Cessaraccio, Spano, Duce, & Snyder, 2001), manifiestan que a mayor temperatura el número de días necesarios para el desarrollo de las plantas disminuye. Ortiz citado en (Inifap, 2010), menciona que en algunas especies la floración es estimulada por bajas temperaturas mientras que

otras requieren temperaturas altas antes de la floración. Por tal motivo la temperatura inciden en fases críticas del desarrollo vegetal como la germinación de semillas, inicio de la floración e interrupción de la latencia.

### **2.3.2 Influencia de la Temperatura en Crisantemo**

El Crisantemo es una planta termo foto periódica, es decir que para que florezca debe presentarse días cortos y temperaturas mínimas. La temperatura óptima de producción varía entre 19 y 21 °C (Fides, 1990). Cuando el cultivo es expuesto a temperatura por encima del umbral máximo las plantas interrumpen su crecimiento y en algunos casos extremos pueden morir.

Según (Fides, 1990), en el crecimiento y floración del crisantemo la temperatura es un factor muy importante. La temperatura del día influye en la longitud de la planta mientras que la temperatura media del día determina el tiempo de floración. Cuando la temperatura promedio es baja en el periodo vegetativo los tallos no crecen y la cosecha es más cerrada pero con tallos más pequeños. En cambio, la temperatura nocturna tiene un gran efecto en el desarrollo de yemas. Las temperaturas muy altas que sobrepasan los 25°C, inhiben la formación de yemas florales y retrasan la floración. Lo mismo sucede cuando las temperaturas son inferiores a 15 °C. Las temperaturas altas ocasionan que las plantas sean más robustas con pedúnculos más largos y colores más intensos en las flores. La temperatura influye en la coloración de las lígulas (Cerezo, 2015).

## **2.4 Grados Día Desarrollo**

### **2.4.1 Definición**

Un grado día combina el tiempo y la temperatura para estimar el desarrollo de un organismo en diferentes periodos de su ciclo de vida. Los grados día desarrollo son una unidad empleada para la estimación del crecimiento y desarrollo de las plantas (Hoyos, y otros, 2012) e insectos

(Valdez, Soto, Osuna , & Báez, 2012) durante la temporada de crecimiento. El desarrollo se produce solo si la temperatura supera el umbral mínimo de crecimiento.

Las plantas deben acumular determinada cantidad de calor medida en grados día o unidades calor, desde la germinación hasta la madurez. Dicha cantidad es aproximadamente constante para cada especie y se le denomina constante térmica. Estos requerimientos de calor están definidos por la temperatura mínima, temperatura óptima y temperatura máxima Nava y Cano, 1998, citado por (Inifap, 2010).

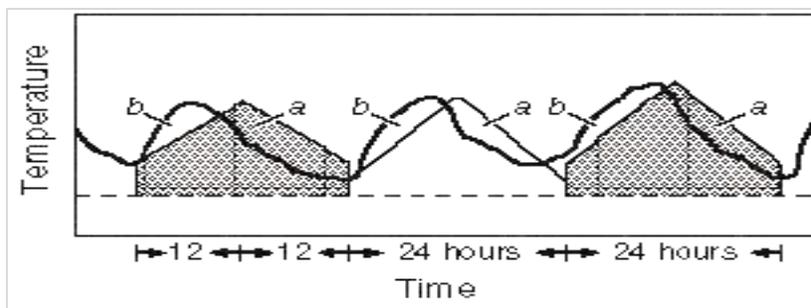
La temperatura controla la tasa de desarrollo de muchos organismos, cada organismo requiere la acumulación de cierta cantidad de calor para pasar de un estado a otro en su ciclo de vida. La medida de este calor acumulado se conoce como tiempo fisiológico, y este concepto involucra la combinación de grados de temperatura y el tiempo cronológico (Inifap, 2010). Dependiendo de la velocidad con que se acumulen los grados día los eventos fenológicos se atrasan o aceleran.

El desarrollo de los cultivos puede ser medido en función de la temperatura empleando modelos de tiempos térmicos conocidos como metodología de grados día, acumulación de unidades de calor o edad fisiológica; los cuales se basan en emplear la temperatura base del cultivo y la temperatura media del día con la finalidad de obtener valores acumulados de temperatura a través del tiempo que permiten el desarrollo de diferentes cambios fisiológicos (Holen & Dexter, 1996); Milford, 2006, citado en (Infante, 2010).

#### **2.4.2 Cálculo de Grados Día Desarrollo**

Existen diversos métodos para calcular los grados día desarrollo. Según la (Univesidad de California, 2016), los principales son: Seno Simple, Seno Doble, Triángulo Simple, Triángulo Doble y Residual.

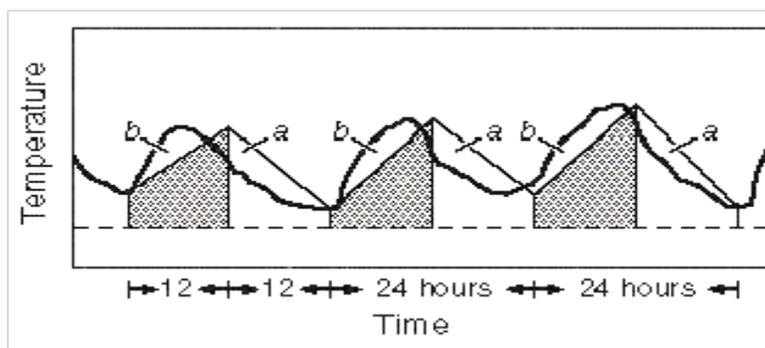
El método del triángulo simple supone que la temperatura mínima del día será la misma el día siguiente; por tanto se presenta una curva de temperatura simétrica alrededor de la temperatura máxima, dando la apariencia de un solo triángulo completo. Los grados día se estiman calculando el área dentro del triángulo y entre los umbrales (Univesidad de California, 2016).



**Figura 2** Método del triángulo simple

Fuente: (Univesidad de California, 2016)

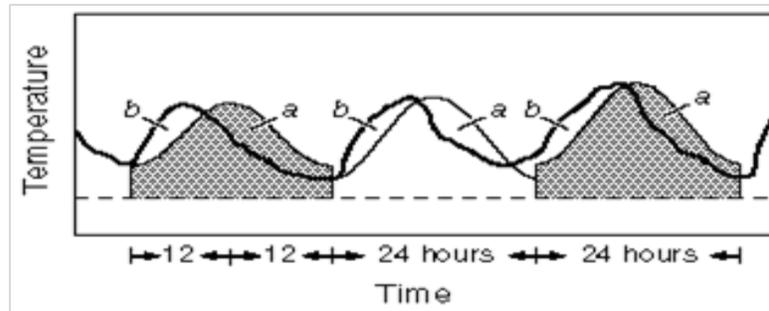
El método del triángulo doble separa al día en dos periodos de doce horas. Los grados día se estiman calculando el área dentro de cada triángulo y entre los umbrales, por ende para calcular los grados en un día se debe n sumar los grados día de los dos medios días (Univesidad de California, 2016).



**Figura 3** Método del triángulo doble

Fuente: (Univesidad de California, 2016)

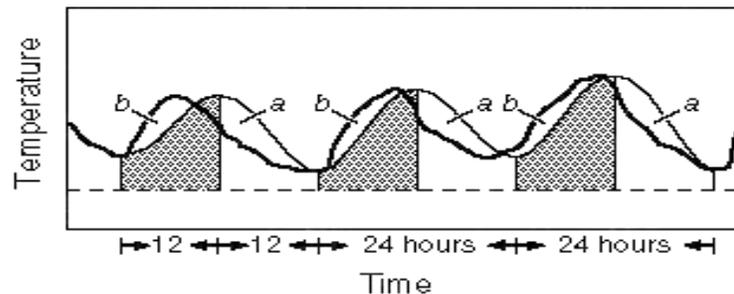
La técnica del Seno Simple usa las temperaturas mínima y máxima de un día para producir una curva sinusoidal durante un período de 24 horas, y luego calcula los días-grados para ese día calculando el área sobre el umbral y debajo de la curva. Este método supone que la curva de temperatura es simétrica alrededor de la temperatura máxima (Univesidad de California, 2016).



**Figura 4** Método del seno simple

Fuente: (Univesidad de California, 2016)

El método del Seno Doble ajusta una curva sinusoidal desde la temperatura mínima del día hasta la temperatura máxima del día y luego ajusta una curva sinusoidal separada desde la temperatura máxima del día hasta la temperatura mínima del día siguiente. Los grados por día son la suma de los grados día de los dos medios días (Univesidad de California, 2016).



**Figura 5** Método del seno doble

Fuente: (Univesidad de California, 2016)

### 2.4.3 Método Residual

El método residual consiste en sumar las temperaturas máximas y mínimas del día, dividir las entre dos (temperatura media) y restarle el umbral inferior o temperatura base (Yzarra, Trebejo, & Noriega, 2009); (Agüero, Ojeda, Giraldez, Galleguillo, & Barbieri, 2011); (Franch, y otros, 2015), la fórmula matemática es la siguiente:

$$^{\circ}\text{D} = \left( \frac{\text{Tmáx} + \text{Tmin}}{2} \right) - \text{Tbase}$$

Donde,

Tmáx= Temperatura máxima del día

Tmin= Temperatura mínima del día

T base= Temperatura base

Ring *et al* citado en (Snyder, Spano, Cesaraccio, & Duce, 1999) señala que en el método residual, los valores de  $^{\circ}\text{D}$  deben ser calculados diariamente y luego se deben sumar en cada periodo con la finalidad de conocer el requerimiento de grados día para cada etapa de desarrollo de un individuo. Los grados día se calculan con la siguiente expresión matemática:

$$^{\circ}\text{D} = \text{Tm} - \text{x}$$

Donde,

Tm= Temperatura media del día

x= Temperatura base

Si la temperatura media es menor que la temperatura umbral ( $\text{Tm} < \text{x}$ ), los grados día son iguales a 0 ( $^{\circ}\text{D}=0$ ).

#### **2.4.4 Aplicaciones**

Según la (Centro de Investigación y Transferencia en Riego y Agro climatología, 2009), el uso de grados día desarrollo en los cultivos puede ser empleada para la programación de fechas de siembra o ciclos de cultivo, pronóstico de fechas de cosecha, pronóstico de rendimiento, determinación del desarrollo vegetal esperado para diferentes localidades, determinación del desarrollo vegetal esperado para diferentes fechas de siembra, pronóstico de coeficientes de cultivos (Kc), pronóstico de aparición de plagas y enfermedades, predicción de los acontecimientos biológicos para controlar de mejor manera plagas.

#### **2.5 Efecto de la luz en las plantas**

Las plantas necesitan luz para vivir y crecer. La luz es la energía empleada por las plantas para procesos de vital importancia como la fotosíntesis y la respiración. Si existe suficiente luz los cultivos crecen e incrementan su calidad lo contrario sucede al no existir luz.

Según (Salisbury & Ross, 2000), de la totalidad de radiación que atraviesa la atmósfera casi la mitad es infrarroja, el 5% es ultravioleta y el resto está comprendido por ondas entre 400 a 700 nm. Esta longitud de onda es capaz de inducir la fotosíntesis en las plantas.

##### **2.5.1 Fotoperiodo**

El fotoperiodo influye sobre el crecimiento vegetativo de la planta y su estado de floración. Las plantas se relacionan en tres grupos en función de las necesidades lumínicas para iniciar la floración. Las plantas de días cortos, plantas de días largos y plantas indiferentes al fotoperiodo.

En crisantemo la longitud del día crítica para la floración es de 14, 5 horas. Por encima de este valor las plantas quedan en estado vegetativo (Rimache, 2011). El crisantemo es una planta de días largos y días cortos. Por este motivo el crisantemo debe permanecer bajo condiciones de día

largo en el desarrollo vegetativo y luego debe provocarse la floración bajo condiciones de día corto.

### **2.5.2 Efecto de la luz en Crisantemo**

Según (Fides, 1990), el crisantemo es una planta de día corto, lo que significa que la iniciación y el desarrollo de la flor son controladas por la duración del día. La etapa vegetativa ocurre en condiciones de día largo, en esta fase el meristemo apical es dominante e induce a la formación de nuevas hojas y por ende hay incremento en el tamaño de la planta. La etapa reproductiva sucede bajo condiciones de día corto que influyen en la iniciación y desarrollo floral. Cabe señalar que la iniciación y el desarrollo de la floración dependen además del fotoperiodo de la intensidad de luz y la temperatura. En países ecuatoriales la floración puede desarrollarse en condiciones de 12 horas de oscuridad, esto puede ocasionar una respuesta lenta que influye en el tamaño de los pedicelos.

### **2.5.3 Luz Fotosintética Activa**

La luz PAR (por sus siglas en Inglés, Photosynthetic Active Radiation) comprende longitudes de onda entre 400 y 700 nm que corresponde a la banda de ondas absorbida por los pigmentos fotosintéticos. Cuando este tipo de luz es expresada en unidades de energía se conoce como luz fotosintética activa. Puede ser medida en términos de energía ( $W \cdot m^2$ ) pero es comúnmente expresado en  $\mu mol \times m^{-2} \times s^{-1}$ , considerada una unidad de medida de luz instantánea (Taiz & Zeiger, 2010). Conforme se incrementa la energía PAR lo hace la fotosíntesis en las plantas.

### **2.5.4 Luz Diaria Integrada**

La luz diaria integrada (DLI) es la cantidad de PAR receptada cada día por la planta en función de la intensidad de luz ( $\mu mol \times m^{-2} \times s^{-1}$ ) y duración (día o 24 horas). Esta unidad es expresada en moles de luz por metro cuadrado por día ( $mol \times m^{-2} \times d^{-1}$ ) (Purdue University,

2012). La integral de luz diaria influye en el desarrollo de tallos, raíces de plántulas y esquejes; calidad final de las plantas como número de flores y diámetro del tallo y en el calendario de producción. Para que exista un crecimiento comercial aceptable en las plantas debe presentarse condiciones medianas de luz  $10 - 20 \text{ mol} \times \text{m}^{-2} \times \text{d}^{-1}$  con producción de flores normales y ramificadas (López & Runkle, 2008).

La luz PAR puede ser convertida a DLI empleando la siguiente fórmula matemática:

$$DLI = PAR \times 0.0864$$

## 2.6 Índice Plastocrónico

El índice plastocrónico es el índice numérico del estado de desarrollo de la parte aérea de una planta superior. Un plastocrono puede considerarse una unidad de tiempo definida como el intervalo entre cualquier estado correspondiente de desarrollo de hojas sucesivas (Burström, 2012).

Según (Maksymowych, 1973), para calcular el Índice plastocrónico de la planta es necesario contar el número de hojas mayores a 10 milímetros en el tallo y medir las longitudes de las dos hojas sucesivas que son respectivamente más largas y más cortas que 10 milímetros. Los valores obtenidos son entonces sustituidos en la ecuación:

$$IP = n + \frac{\text{Log } L_n - \text{Log } 10}{\text{Log } L_n - \text{log } L_{n+1}}$$

Donde,

$n$  = Número de serie contando desde la base hasta la hoja más cercana que excede una longitud crítica (10mm).

Log 10 = Log de la hoja crítica

$L_n$  = Longitud de la hoja  $n$

$L_{n+1}$  = Longitud de la hoja que es ligeramente menor.

## CAPÍTULO III

### MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1 Lugar de la investigación

##### 3.1.1 Ubicación Política

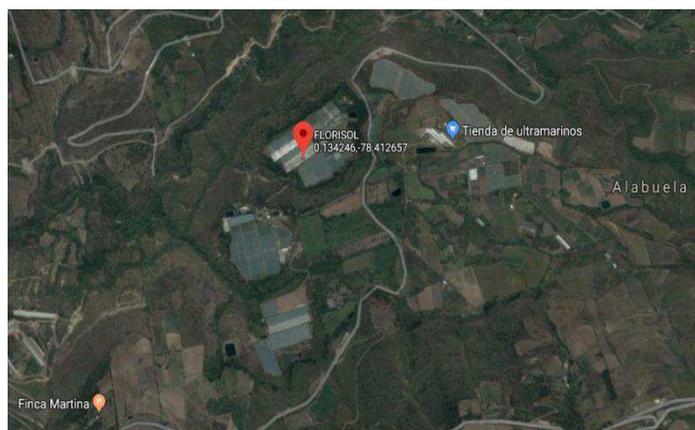
El presente estudio se realizó en la florícola Florisol ubicada en la provincia de Pichincha, cantón Quito, parroquia Chavezpamba.

##### 3.1.2 Ubicación Geográfica

Latitud: 0°7'57" N

Longitud: 78°24'50" O

Altitud: 1949 m.s.n.m



**Figura 6** Ubicación geográfica de la florícola Florisol

Fuente: Google Maps, 2018

##### 3.1.3 Ubicación Ecológica

Según el (Gobierno Autónomo Descentralizado de la Parroquia de Chavezpamba, 2015), las características ecológicas de la zona donde se localiza Florisol son las siguientes:

**Zona de Vida:** b. m. h. PM.

**Altitud:** 1949 msnm

<b>Temperatura:</b>	8-19°C
<b>Precipitación:</b>	500 hasta 2000 mm anuales
<b>Suelo:</b>	Textura Franco Arenoso
<b>pH:</b>	6,5 – 7,0
<b>Vegetación:</b>	Eucaliptos, nogales, pasto elefante, kikuyo, cultivos de alfalfa, aguacates, cítricos (mandarina principalmente), chirimoya, granadilla, tomate de árbol, cultivos de ciclo corto (fréjol, maíz y hortalizas), flores de verano (crisantemo, hypericum, lilis, gysophila, solidago).

### 3.2 Materiales

Los insumos necesarios fueron plántulas de Crisantemo provenientes de esquejes enraizados por 15 días, de las variedades White Anastasia, Sunny Anastasia, Green Anastasia, Lilac Anastasia, White Albatros, Yellow Albatros y Resome.

Se emplearon tres Datalogger de marca Extech, modelo RHT10, un sensor de luz PAR marca Apogee instruments modelo Quantum sensors 100, un calibrador digital marca Truper modelo Caldi- 6 mp, una cinta métrica, una regla metálica y una regla de madera, amarras plásticas, limpia pipas, piola, rótulos, etiquetas, hojas de seguimiento.

### 3.3 Métodos

#### 3.3.1 Diseño Experimental

##### a) Factores evaluados

- **Factor 1: Variedades de Crisantemo (V)**

Se emplearon siete variedades de crisantemo agrupados en dos categorías dependiendo del requerimiento de luz artificial. Las variedades Anastasias fueron sometidas bajo condiciones de día largo durante los primeros 21 días contados desde del trasplante mientras que las variedades

estándar necesitaron de 32 días de luz artificial. En el grupo de Anastasias se empleó las variedades White, Sunny, Lila y Green Anastasia y en el grupo de estándares se ensayó con las variedades Resome, White y Yellow Albatros.

- **Factor 2: Estados fenológicos (E)**

Los estados fenológicos observados fueron cinco, correspondientes a botón arroz, botón arveja, botón garbanzo, mostrando color y cosecha.

- b) Tratamientos**

Se determinó la acumulación de grados día desarrollo en siete variedades de crisantemo y en sus diferentes estados fenológicos.

- c) Tipo de diseño**

La estructura de la investigación permitió aplicar un diseño completamente al azar (DCA) con un arreglo bifactorial y se realizó cuatro repeticiones. Este modelo se aplicó debido a las condiciones de la florícola y sobre todo al requerimiento de luz artificial que requiere las variedades de crisantemo.

- d) Repeticiones o bloques**

Se establecieron cuatro repeticiones por cada variedad.

- e) Características de la unidad experimental**

La unidad experimental estuvo conformada por una cama con 3240 plantas en producción cerrada a lo largo del experimento en cada estado fenológico.

- Número de Unidades Experimentales por variedad: 4
- Área de las unidades experimentales: 36 m<sup>2</sup>
- Largo: 30 m

- Ancho: 1, 2 m
- Forma de la Unidad Experimental: Rectangular
- Área total del ensayo: 1428 m<sup>2</sup>
- Área neta del Ensayo: 1008 m<sup>2</sup>

### 3.3.2 Análisis Estadístico

El análisis estadístico se lo realizó en el programa Tinn-R Editor.

#### a) Esquema de análisis de varianza

Se realizó un análisis de varianza de las variedades en un diseño completamente al azar (DCA) con arreglo factorial en la variedad y estado fenológico.

**Tabla 1**

*Análisis de Varianza combinado entre variedades y estados fenológicos*

<b>F de V</b>	<b>g. L</b>
Variedades	6
Estados fenológicos	4
Variedad x Estado	24
Error experimental	105
Total	139

F de V= Fuentes de Variación

g. L= Grados de libertad

#### b) Coeficiente de variación

Para determinar el coeficiente de variación se empleó la siguiente fórmula:

$$CV = \frac{\sqrt{CME}}{\bar{x}} \times 100$$

#### c) Tamaño de la muestra

Para la muestra se consideró 10 plantas por unidad experimental con una totalidad de 280 plantas en estudio, las cuales se dio un seguimiento en cada estado fenológico durante el ciclo del cultivo.

#### **d) Análisis funcional**

Se realizó una prueba de Tukey con un nivel de significancia de 0.05%, para comparar la acumulación de grados día desarrollo en cada etapa fenológica de las variedades estudiadas. Además, se elaboró curvas de crecimiento que permitieron conocer la relación entre longitud del tallo, índice plastocrónico y la acumulación de grados día desarrollo en cada variedad a través del tiempo.

#### **e) Regresiones y correlaciones**

Se obtuvieron modelos matemáticos no lineales que explican la relación entre la fenología, índice plastocrónico y longitud de tallo en función de la acumulación de grados día desarrollo. Se realizó una correlación de Pearson entre la luz diaria integrada, humedad relativa y grados día desarrollo.

### **3.3.3 Variables Medidas**

#### **a) Grados día desarrollo**

Para determinar la acumulación de grados día desarrollo se realizó mediciones diarias de temperatura dentro del invernadero. Para lo cual se colocaron tres Datalogger modelo RHT10, marca Extech. La temperatura se registró diariamente cada 10 minutos con la finalidad de registrar la temperatura máxima y mínima del día, ésta se reportó en °C.

Los grados día desarrollo fueron calculados según el método residual, éstos se registraron por día desde el trasplante hasta la cosecha en cada una de las variedades evaluadas y el resultado fue expresado en °D. Se empleó como temperatura base 8°C y la fórmula matemática utilizada fue la siguiente:

$$GDD = \left( \frac{T_{\text{máx}} + T_{\text{mín}}}{2} \right) - T_{\text{base}}$$

Donde,

T<sub>máx</sub>= Temperatura máxima del día

T<sub>min</sub>= Temperatura mínima del día

T base= Temperatura base (8°C) (Carvalho, 2014); (Andrade, 2009)

### **b) Estados fenológicos**

El cambio de estado fenológico fue reportado cuándo el 50% de la muestra modificó su condición morfológica. Los eventos fenológicos fueron observados en campo dos veces por semana en la etapa vegetativa y tres veces por semana en la etapa reproductiva. Se registró la fecha de cambio de cada etapa fenológica y se sumó los días que transcurrieron entre un estado y otro.

### **c) Longitud del tallo**

La longitud del tallo fue medida en diez plantas por repetición, seleccionadas aleatoriamente. Se empleó una regla graduada y los datos fueron registrados una vez por semana desde el trasplante hasta la cosecha.

### **d) Índice plastocrónico**

El índice plastocrónico fue medido una vez por semana desde la siembra hasta la cosecha en las plantas escogidas aleatoriamente, y para su cálculo se empleó la siguiente fórmula:

$$IP = n + \frac{\text{Log Ln} - \text{Log 10}}{\text{Log Ln} - \text{log Ln} + 1}$$

Donde,

n= Número de serie (de la hoja más cercana que excede una longitud crítica)

Log 10 = Log de la hoja crítica

$L_n$  = Longitud de la hoja n

$L_{n+1}$  = Longitud de la hoja que es ligeramente menor.

#### e) Luz diaria integrada

Este parámetro fue obtenido mediante la medición de la luz PAR, para lo cual se empleó un equipo Quantum sensors 100 marca Apogee instruments, el cual fué calibrado para medir la luz fotosintética activa cada 15 minutos. Luego se procedió a transformar la luz PAR a DLI mediante la siguiente fórmula:

$$DLI = PAR \times 0.0864$$

#### f) Humedad Relativa

Para medir la Humedad Relativa se emplearon tres Datalogger modelo RHT10, marca Extech. La humedad se registró diariamente cada 10 min y con esta información se obtuvo un valor promedio por día, este parámetro se reportó en %.

### 3.3.4 Métodos Específicos para el Manejo del Experimento

El estudio se llevó a cabo en la finca Florisol ubicada en la parroquia Chavezpamba, vía a San José de Minas. En función de la necesidad de luz se separaron dos grupos uno que correspondió a Anastasias y otro a Estándares. El manejo de las plantas fue homogéneo al igual que la fertilización. El cultivo fue expuesto a luz artificial empleando lámparas de sodio de alta tensión, en las Anastasias se suministró 21 noches de luz y en los Estándares 32 noches de luz artificial.

Las unidades experimentales fueron rotuladas incluyendo la fecha de siembra y la variedad, también se etiquetaron diez plantas asignadas aleatoriamente para la visualización de cambios fenológicos y medición de variables.

La temperatura máxima, mínima y la humedad relativa del día fueron registradas mediante tres Datalogger ubicados sobre las plantas. Los grados días desarrollo fueron obtenidos mediante el método residual, para el cual se empleó la temperatura máxima y mínima del día y la temperatura base del crisantemo. Desde la siembra se realizaron dos y tres visualizaciones por semana (fase vegetativa y reproductiva, respectivamente) para la identificación de cambios fenológicos en todas las variedades en estudio.

El índice plastocrónico al igual que la longitud del tallo fueron medidos como indicadores de crecimiento a lo largo del tiempo empleando reglas y cinta métrica. Luego se procedió a realizar curvas de crecimiento en función de la acumulación de grados día desarrollo.

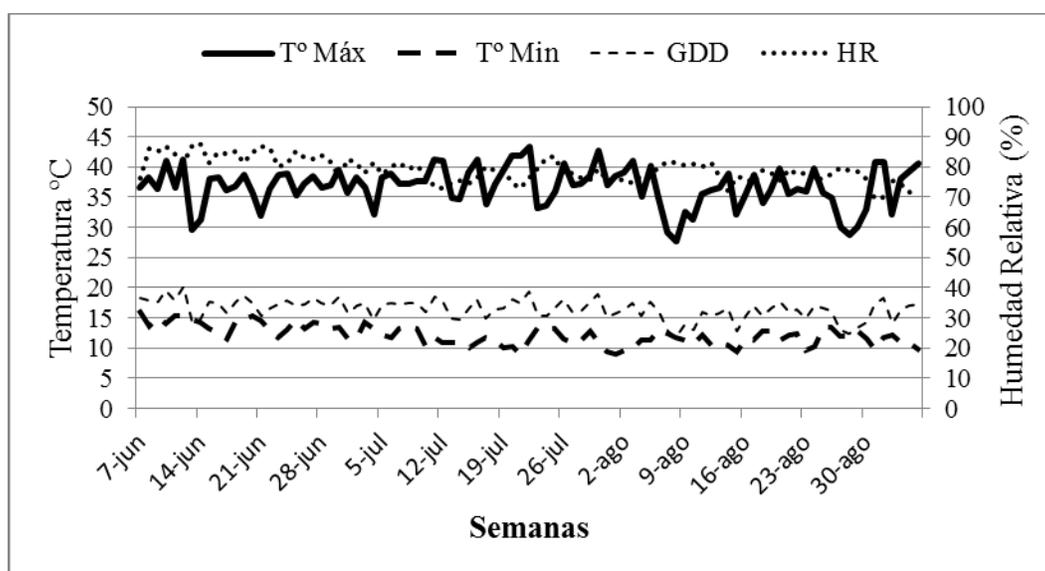
La radiación fotosintética activa fue medida con un sensor de luz ubicado fuera de los invernaderos en un lugar estratégico según el gerente de la finca. La luz PAR fue transformada a luz diaria integrada.

## CAPÍTULO IV

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### 4.1 Acumulación de grados día desarrollo en la fenología de siete variedades de *Chrysanthemum sp.*

La temperatura es considerada uno de los factores más importantes para predecir eventos fisiológicos. Durante el experimento realizado bajo condiciones de invernadero, las temperaturas medias mínimas y máximas oscilaron entre 12.97 y 38.57 °C, respectivamente, se acumularon 17.77 °D en promedio por día y la humedad relativa media fue de 74.09 % (Figura 7).

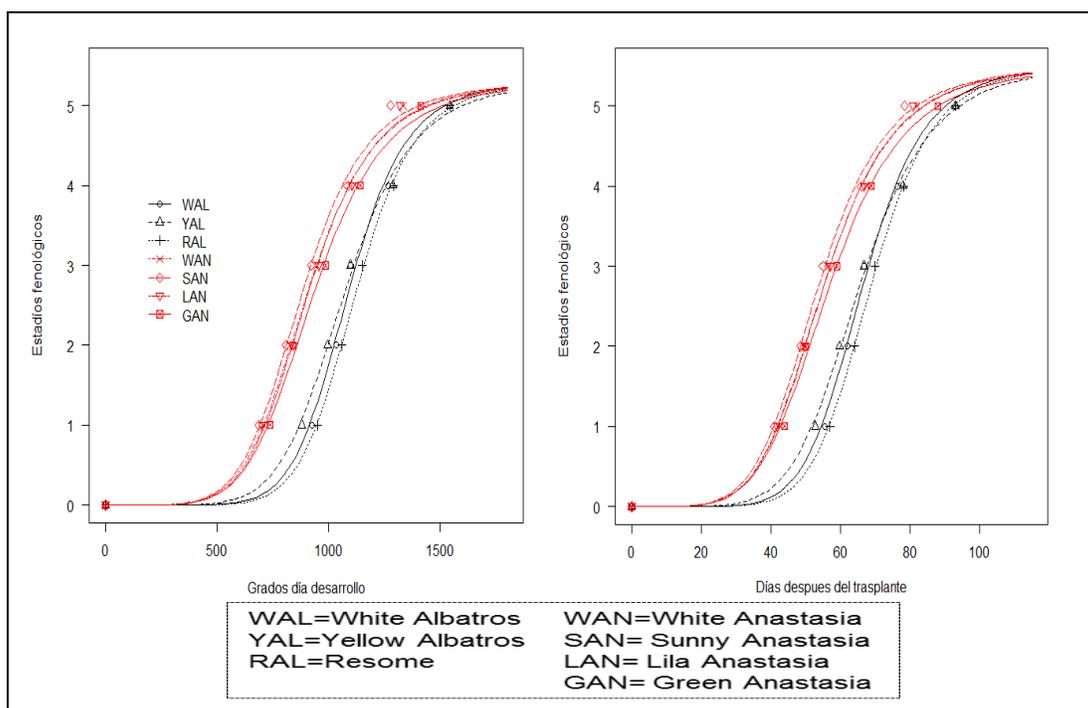


**Figura 7** Valores diarios de temperatura máxima (T<sub>máx</sub>), temperatura mínima (T<sub>mín</sub>), grados día desarrollo (GDD) y humedad relativa (HR) registrados en el periodo del 7 de junio al 5 de septiembre del 2017.

La investigación se realizó en siete variedades de crisantemo, agrupadas en dos categorías según el requerimiento de luz artificial. En el grupo de estándares se estudiaron las variedades Resome, White y Yellow Albatros; en el grupo de anastacias se ensayó con las variedades White, Sunny, Lila y Green Anastasia. Los estados fenológicos descritos fueron cinco, correspondientes

a botón arroz, botón arveja, botón garbanzo, mostrando color y cosecha comercial. Los grados día desarrollo y los días de cambio fenológico se obtuvieron por la sumatoria acumulada desde el trasplante hasta el cambio de estado.

Estudios realizados en *Chrysanthemum morifolium* por (Takeda, Arakawa, & Kawai, 2017), señalan que cada variedad de crisantemo presenta una respuesta fenológica particular ante las variaciones en el medio ambiente. En la presente investigación, el comportamiento fenológico fue similar entre variedades de un mismo grupo. En la Figura 8, se observa que los cambio fenológicos en las variedades anastasia fueron tempranos y necesitaron acumular menor cantidad de grados día desarrollo; mientras que las variedades estándar, demostraron ser más tardías y requirieron mayor cantidad de grados día.



**Figura 8** Estados fenológicos en función de la acumulación de grados día desarrollo y días de cambio en siete variedades de *Chrysanthemum sp.*

En las siete variedades estudiadas, más del 50 % de la acumulación de grados día desarrollo acrecen en la etapa vegetativa (Etapa 0-1), por ende es la fase de mayor duración (Figura 8), en esta fase el crecimiento es vigoroso con un continuo desarrollo de hojas y entrenudos.

Las variedades anastacias fueron expuestas durante 21 días bajo condiciones de día largo (> 12 horas de luz/día), durante este periodo se acumularon 366.43 °D. Las variedades estándares recibieron 32 días de luz artificial (día largo) y acumularon 563.4 °D. Posteriormente, las plantas fueron expuestas a condiciones de día corto (< 12 horas de luz/día) bajo las cuales se mantuvieron hasta la cosecha. En estudios similares realizados en crisantemo (*Dendranthema grandiflorum*) por (Carvalho, 2014), en el periodo de día largo (16 horas de luz/día) las plantas acumularon 403.3 °D; en este estado se promueve el crecimiento, la producción de hojas y la diferenciación de los entrenudos.

Los datos promedio obtenidos de grados día desarrollo en cada estado fenológico se observan en la Tabla 2.

**Tabla 2**  
*Grados día desarrollo acumulados en la fenología de siete variedades de Chrysanthemum sp.*

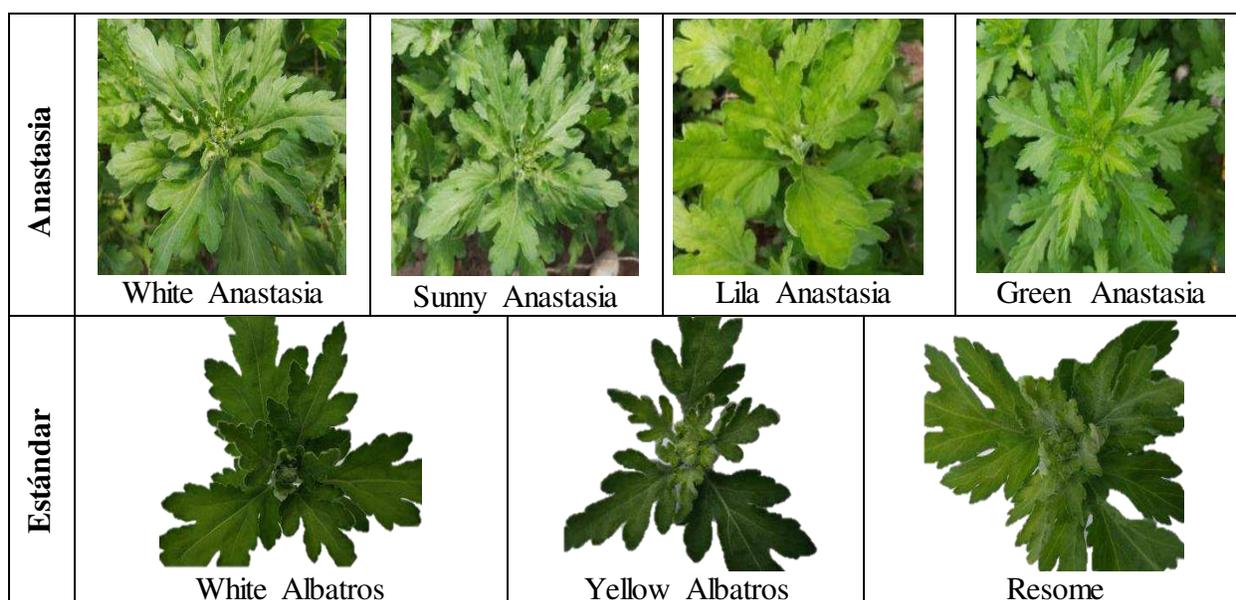
	Variedades	Botón arroz	Botón arveja	Botón garbanzo	Mostrando color	Cosecha
<b>Estándar</b>	Resome	950.40 a	1058.05 a	1149.67 a	1291.73 a	1542.90 a
	White Albatros	927.33 a	1033.55 a	1096.72 b	1287.80 a	1542.90 a
	Yellow Albatros	879.26 b	997.17 b	1096.72 b	1266.35 a	1542.90 a
<b>Anastasia</b>	Green Anastasia	738.68 c	840.63 c	988.58 c	1141.43 b	1413.46 b
	White Anastasia	709.45 cd	827.07 cd	946.77 cd	1118.60 bc	1333.17 c
	Lila Anastasia	702.30 cd	840.63 c	955.63 cd	1104.83 c	1318.86 cd
	Sunny Anastasia	686.40 d	810.82 d	923.00 d	1085.75 c	1277.30 d
	HSD	41.28	29.02	43.75	36.36	52.06
	CV	2.25	1.38	1.86	1.335	1.58

*Medias con una letra en común no son significativamente diferentes (HSD Tukey  $p < 0.05$ )*

Los resultados de las tablas Anova y prueba de Tukey de la acumulación de grados día desarrollo en cada estado fenológico se especifican en el Anexo 1.

#### 4.1.1 Grados día desarrollo acumulados ( $^{\circ}$ D) hasta botón arroz

El inicio de la fase reproductiva se caracteriza por la presencia del botón floral en el ápice de la planta. En crisantemo, el estado botón arroz es el primer estado fenológico reproductivo, éste cambio se evidencio con la presencia de un pequeño botón en el ápice de la planta rodeado y cubierto por pequeñas hojas (Figura 9).



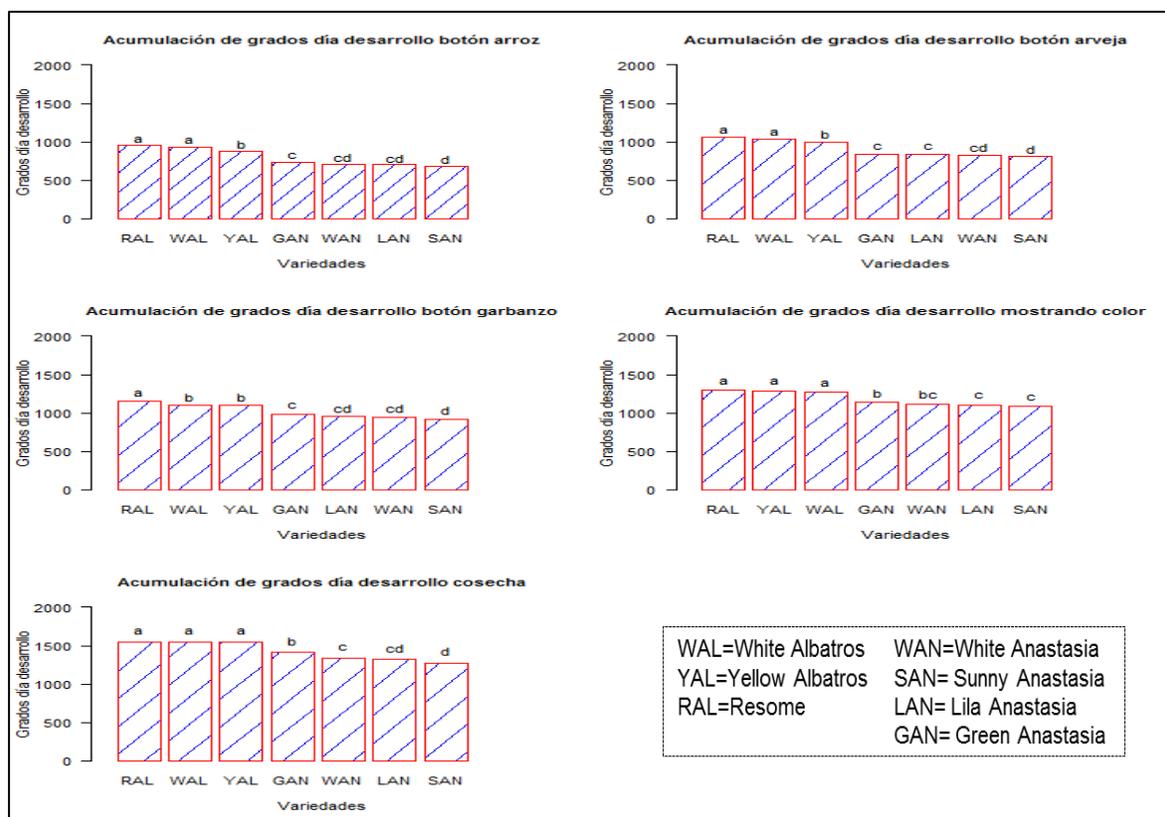
**Figura 9** Estado botón arroz en siete variedades de *Chrysanthemum sp.*

La acumulación de grados día desarrollo promedio requeridos para cambiar a botón arroz se observan en la tabla 1. El requerimiento entre variedades de un mismo grupo fue parecido, las variedades anastasia necesitaron acumular menor cantidad de grados desarrollo para iniciar la floración, exigieron entre 686.40 y 738.68  $^{\circ}$ D mientras que la demanda de estándares fue entre 879.26 y 950.4  $^{\circ}$ D. Los resultados obtenidos se asemejan al estudio de (Carvalho, 2014), donde se

estableció que las plantas de crisantemo acumularon entre 843.4 y 900.1 °D para alcanzar la fase reproductiva.

En clavel (*Dianthus caryophyllus* cv. Delphi) la visualización del periodo reproductivo se produjo al acumularse 1363.2 °D (López, Chaves, Flórez, & Salazar, 2010), en rosa (*Rosa sp.* cv. Freedom) las plantas requirieron valores bajos de grados día para iniciar la etapa reproductiva, 527 °D (Rodríguez & Flórez, 2006). Por lo tanto, cada especie tiene un requerimiento térmico particular para alcanzar distintas fases fenológicas como la aparición del botón floral.

En la Figura 10, se observa los resultados obtenidos en la prueba de Tukey ( $p < 0.05$ ); se obtuvieron dos categorías para estándares y dos categorías para anastacias.



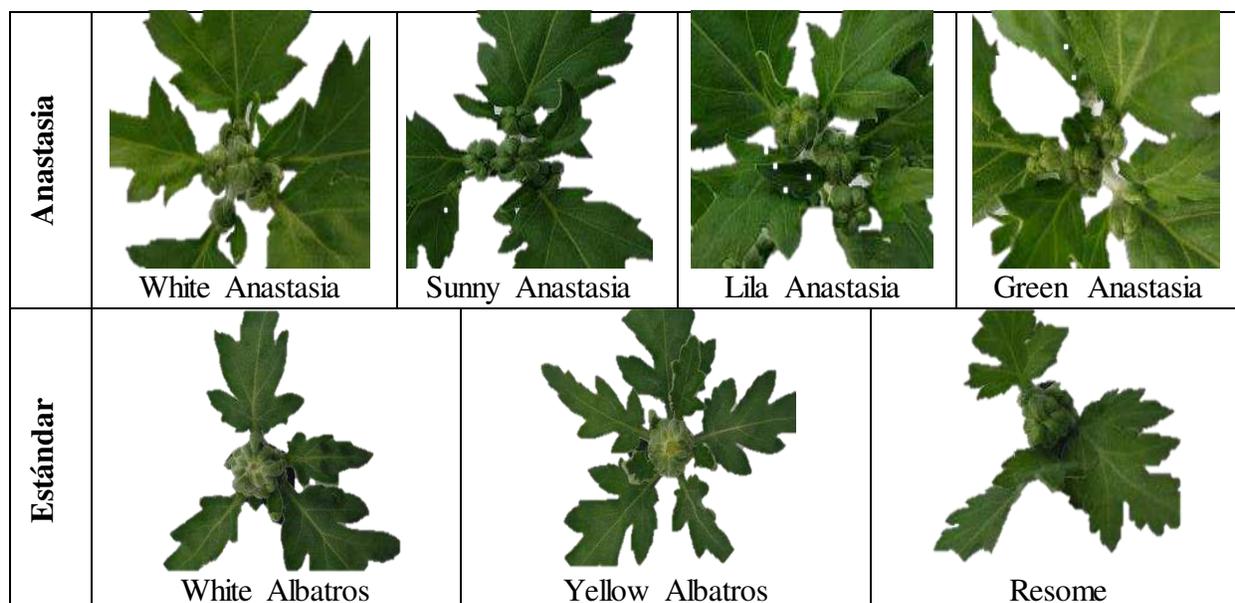
**Figura 10** Comparación de medias para la acumulación de grados día desarrollo en la fenología de siete variedades de *Chrysanthemum sp.*

En el grupo de estándares, la variedad Yellow Albatros mostró un requerimiento estadísticamente diferente en relación a White Albatros y Resome. En anastasias, el requerimiento térmico entre las variedades Green y Sunny Anastasia difirió significativamente.

#### 4.1.2 Grados día desarrollo acumulados (°D) hasta botón arveja

En el estado de botón Arveja se puede observar un grupo de brotes florales en el ápice de la planta. El botón apical corresponde a arveja, éste es redondo y verdoso, asemejado al tamaño de un guisante (Figura 11). El requerimiento térmico de cada variedad para cambiar a esta fase se especifica en la tabla 1. Las variedades Anastasia requirieron entre 810.82 y 840.63 °D; mientras que los estándares necesitaron entre 997.17 y 1058.05 °D. Según (Rodríguez & Flórez, 2006), en *Rosa sp.* cv. Charlotte el estado botón arveja se alcanzó al acumular 515.5 °D, estos resultados indican que el requerimiento de grados día es diferente por especie.

Las categorías obtenidas mediante Tukey ( $p < 0.05\%$ ) fueron iguales a las encontradas en botón arroz (Figura 10).



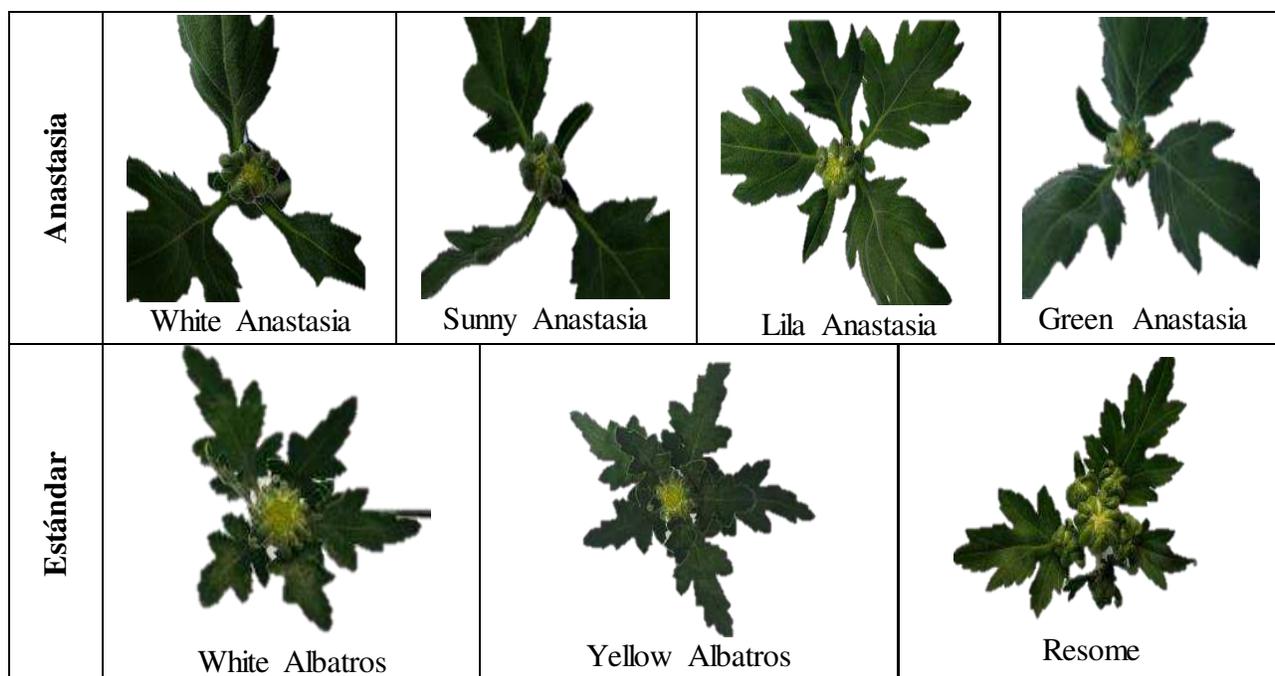
**Figura 11** Estado botón arveja en siete variedades de *Chrysanthemum sp.*

### 4.1.3 Grados día desarrollo acumulados (°D) hasta botón garbanzo

En crisantemo, el botón garbanzo es un capullo floral bastante ensanchado, de coloración verde oscuro en la periferia y amarillo en el centro. Esta característica se debe a la separación de los sépalos (

Figura 12).

La demanda de acumulación de grados día se presenta en la Tabla 2. Las variedades anastasia requirieron entre 923 y 988.58 °D y los estándares necesitaron entre 1096.72 y 1149.67 °D. En anastasias, la prueba de comparación de medias (Tukey  $p < 0.05\%$ ), reflejó las mismas categorías que en los estados de botón arroz y arveja. En el grupo de estándares, la variedad Resome presentó un requerimiento estadísticamente diferente frente a White y Yellow Albatros (Figura 10).



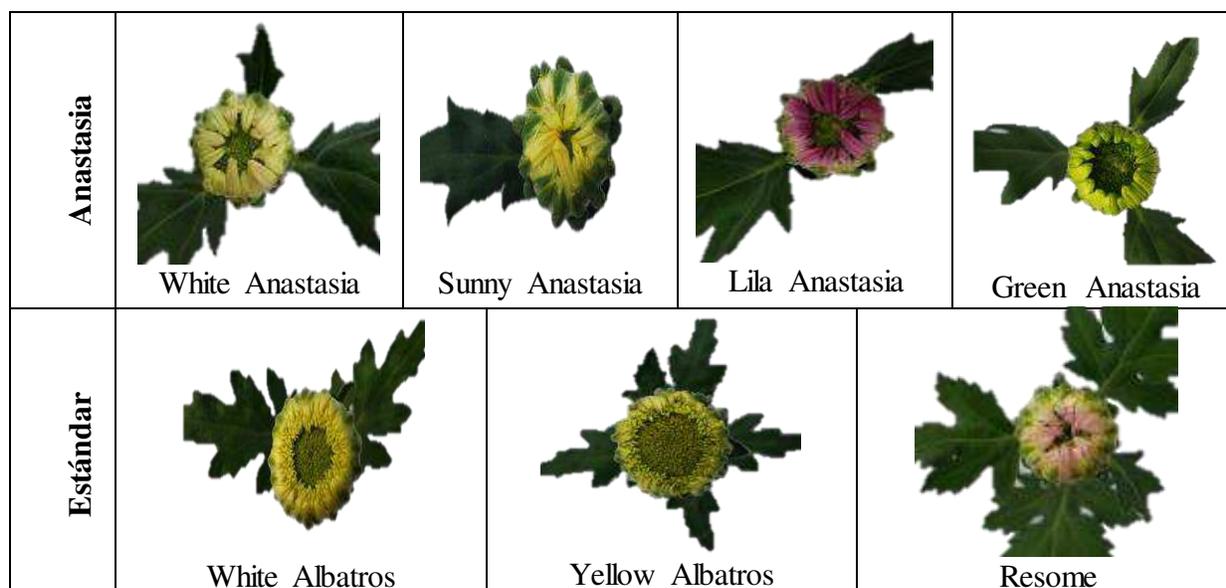
**Figura 12** Estado botón garbanzo en siete variedades de *Chrysanthemum sp.*

#### 4.1.4 Grados día desarrollo acumulados (°D) hasta mostrando color

En el estadio mostrando color, el receptáculo se ha ensanchado hasta su máxima capacidad, los sépalos se separan totalmente y se observa los primeros pétalos con el color característico de la variedad (Figura 13).

El promedio de grados día desarrollo requeridos hasta esta etapa se exponen en la tabla 1. Las variedades anastasias requirieron entre 1085.75 °D y 1141.43°D y las variedades estándares necesitaron entre 1266.65°D y 1291.73 °D. En *Rosa sp.* variedad Freedom, el requerimiento fue menor, ya que los tallos florales expresaron color cuando se acumularon 748 °D (Rodríguez & Flórez, 2006).

En la Figura 10, se observa que la acumulación de grados día desarrollo hasta este estado es estadísticamente igual entre las variedades estándares. En el caso de las anastasias, la variedad Green difiere estadísticamente en su requerimiento en comparación a las variedades Lila y Sunny.

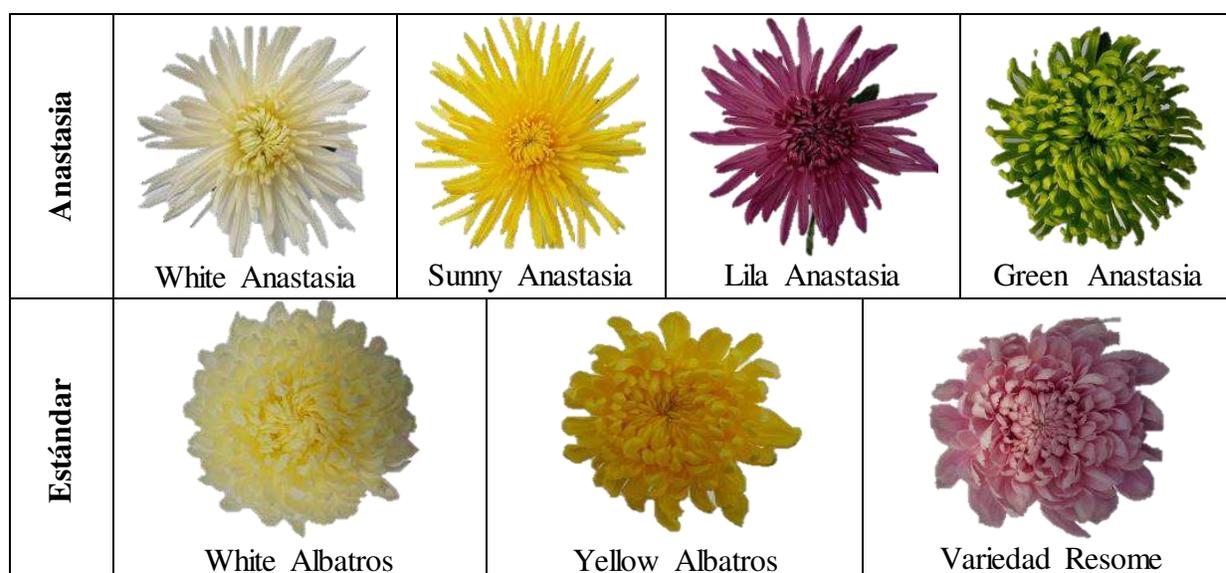


**Figura 13** Estado mostrando color en siete variedades de *Chrysanthemum sp.*

#### 4.1.5 Grados día desarrollo acumulados (°D) hasta cosecha

En el estado cosecha se observa la abertura total de la inflorescencia. Las lígulas florales periféricas (flores femeninas) son de mayor tamaño y hacia el centro éstas se acortan; en el eje central se ubican las flores hermafroditas. La morfología de la inflorescencia es característica en cada grupo. Las Anastasias tienen flores radiales de forma tubular que se incurvan y los Estándares tienen flores radiales cortas y uniformes (Figura 14).

El tiempo térmico para alcanzar la cosecha se especifica en la Tabla 2. Las Anastasias fueron las primeras en cosecharse, ya que necesitaron acumular menor cantidad de grados día para su madurez, entre 1277.3 y 1413.46 °D. En estudios similares realizados en *Dendranthema grandiflorum* por (Carvalho, 2014), se obtuvieron resultados aproximados para el punto de comercialización, estos valores variaron entre 1335 y 1583 °D. Según (López, Chaves, Flórez, & Salazar, 2010), el pico de cosecha en clavel (*Dianthus caryophyllus* cv. Delphi) se produjo al acumularse 2226.5 °D sumados a partir del pinch.



**Figura 14** Estado Cosecha en siete variedades de *Chrysanthemum sp*

La Figura 10, indica que la variedad Sunny fue la más precoz y su requerimiento fue estadísticamente diferente en relación a la variedad White y Green. Las tres variedades de estándares necesitaron 1542.9 °D para ser cosechados, aunque el requerimiento térmico fue diferente en los anteriores estados fenológicos, al llegar a la cosecha la demanda de grados día desarrollo se homogeniza.

#### **4.1.6 Días de cambio requeridos en la fenología de siete variedades de *Chrysanthemum sp.***

En la Tabla 3 se observa los días y grados día desarrollo requeridos para el cambio entre los estados fenológicos de siete variedades de *Chrysanthemum sp.*, en la misma se encuentran los resultados obtenidos mediante la prueba de Tukey ( $p < 0.05\%$ ).

En anastacias, el botón arroz brotó desde los 41 hasta 44 días después del trasplante, e inició su fase reproductiva al acumular entre 686.40 °D y 738.68 °D, la comparación de medias arrojó dos categorías indicando diferencias entre la variedad Sunny y Green. En estándares, se observó el botón a partir de los 52.75 y 57 días promedio, al acumularse entre 879.26 °D y 950.40 °D; igualmente existieron dos categorías, indicando que los días de cambio de la variedad Yellow fue estadísticamente diferente a las demás de su grupo (Figura 15).

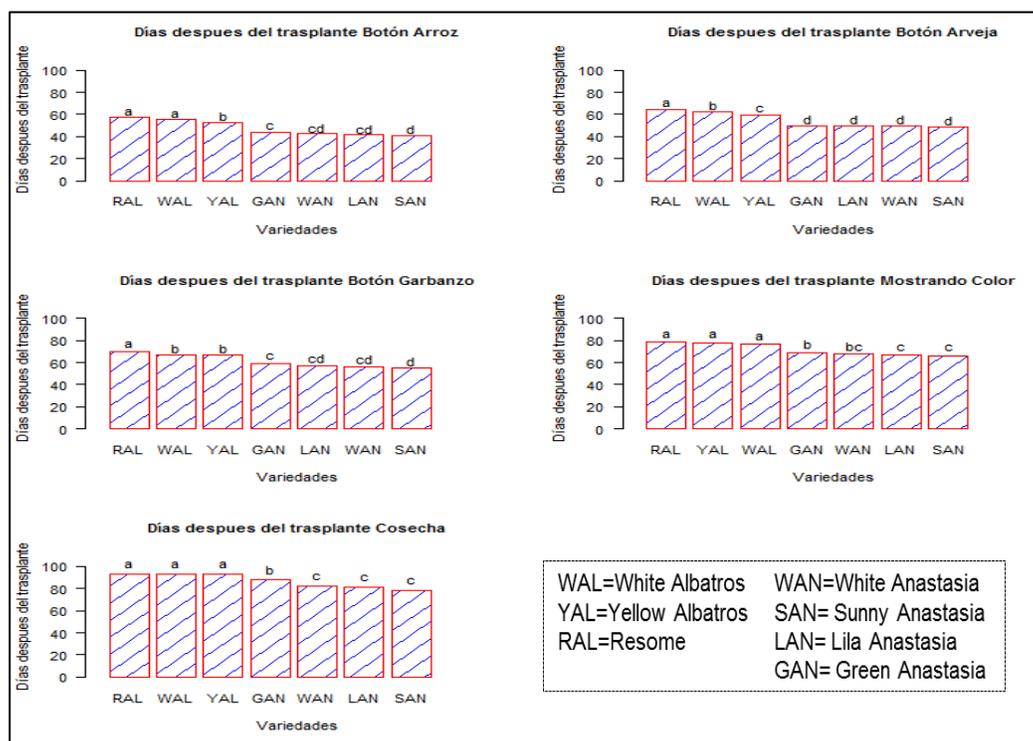
Para cambiar al estado botón arveja, las anastacias necesitaron entre 48.5 y 50 días promedio, al aglomerar entre 810.32 y 840.63 °D, estadísticamente no existieron diferencias. Los estándares mostraron el cambio nueve días después, entre 59.75 y 64 días promedio (997.17 °D y 1058.05 °D, respectivamente); la prueba de Tukey ( $p < 0.05\%$ ) reflejó que cada variedad necesitó diferentes días para el cambio (Figura 15).

**Tabla 3**

*Días después del trasplante y GDD requeridos para el cambio de estado fenológico en siete variedades de Chrysanthemum sp.*

	Variedades	Botón arroz		Botón arveja		Botón garbanzo		Mostrando color		Cosecha	
		Días	°D	Días	°D	Días	°D	Días	°D	Días	°D
<b>Estándar</b>	<b>Resome</b>	57.00 a	950.40 a	64.00 a	1058.05 a	70.00 a	1149.67 a	78.25 a	1291.73 a	93.00 a	1542.90 a
	<b>White Albatros</b>	55.50 a	927.33 a	62.00 b	1033.55 a	66.75 b	1096.72 b	76.50 a	1287.80 a	93.00 a	1542.90 a
	<b>Yellow Albatros</b>	52.75 b	879.26 b	59.75 c	997.17 b	66.75 b	1096.72 b	78.00a	1266.35 a	93.00 a	1542.90 a
<b>Anastasia</b>	<b>Green Anastasia</b>	44.00 c	738.68 c	50.00 d	840.63 c	59.00 c	988.58 c	69.00 b	1141.43 b	88.00 b	1413.46 b
	<b>White Anastasia</b>	42.50 cd	709.45 cd	49.50 d	827.07 cd	56.50 cd	946.77 cd	67.50 bc	1118.60 bc	82.00 c	1333.17 c
	<b>Lila Anastasia</b>	41.75 cd	702.30 cd	50.00 d	840.63 c	57.00 cd	955.63 cd	66.75 c	1104.83 c	81.00 c	1318.86 cd
	<b>Sunny Anastasia</b>	41.00 d	686.40 d	48.50 d	810.82 d	55.00 d	923.00 d	66.00 c	1085.75 c	78.50 c	1277.30 d
	<b>HSD</b>	2.53	41.28	1.79	29.02	2.67	43.75	2.21	36.36	3.58	52.06
<b>CV</b>	2.30	2.25	1.42	1.38	1.89	1.86	1.34	1.335	1.79	1.58	

*Medias con una letra en común no son significativamente diferentes (HSD Tukey  $p > 0.05$ )*



**Figura 15** Comparación de medias para los días de cambio en la fenología de siete variedades de *Chrysanthemum sp.*

En anastacias, el botón garbanzo apareció a los 55 y 59 días al acumular entre 923 y 988.58 °D, los resultados de la comparación de medias son iguales que en botón arroz. Aproximadamente siete días después ocurre el cambio en las variedades estándares, Resome es la variedad que más días se demoró en cambiar y el resultado difirió significativamente en relación a White y Yellow Albatros (Figura 15).

El estado mostrando color se observó a los 66 y 69 días en anastacias, cuando se acumularon entre 1085.75°D y 1141.43°D, el requerimiento de la variedad Green fue diferente en comparación a Lila y Sunny. En estándares, los días requeridos para el cambio no mostraron diferencias estadísticas y ocurrieron entre los 76.5 y 78.25 días promedio cuando se acumularon 1096.72 °D y 1149.67 °D.

La cosecha ocurrió alrededor de doce días después de mostrar color. En anastacias sucedió a los 78.5 y 88 días promedio al acumularse entre 1277.30 °D y 1413.46 °D. Los resultados de la prueba de comparación de medias de Tukey indicaron que la variedad Green necesitó más días para alcanzar su madurez. La cosecha en estándares ocurrió a los 93 días (1542.90°D) y no existieron diferencias estadísticas entre las variedades (**Figura 15** Comparación de medias para los días de cambio en la fenología de siete variedades de *Chrysanthemum sp.* Figura 15).

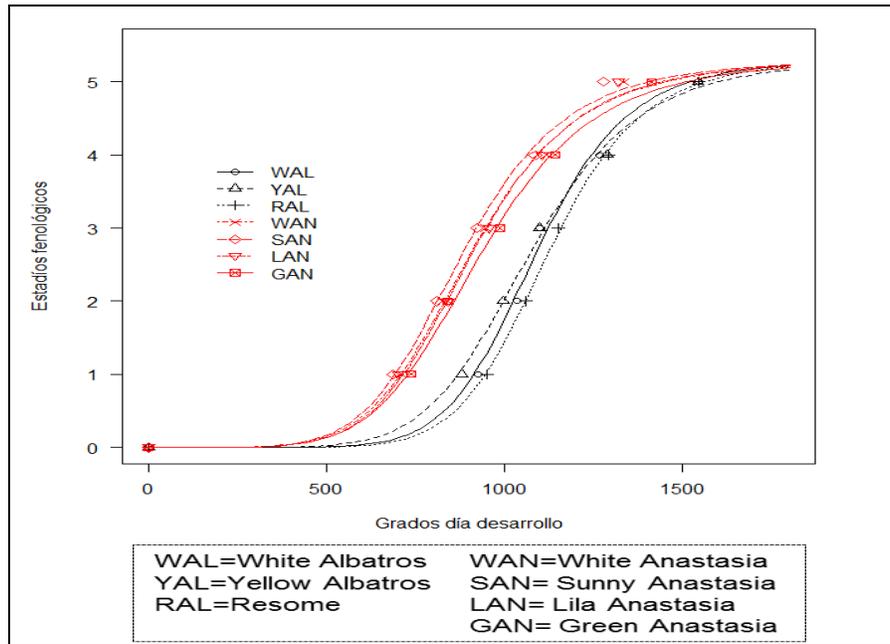
En *Dendranthema grandiflorum* variedad Rage el punto de comercialización ocurre a los 91 días cuando las inflorescencias están completamente expandidas, estos resultados se asemejaron a los obtenidos sobre todo con las variedades estándares (Andrade, 2009).

Según (Rodríguez & Flórez, 2006), los días de cambio necesarios para el cambio fenológico entre variedades de *Rosa sp* fue diferente, la variedad Freedom requirió 57, 69, 76 y 79 días, la variedad Charlotte 43, 49, 62 y 69 días y la variedad Freedom 56, 70, 77 y 93 días para los estados de botón arroz, botón garbanzo, mostrando color y cosecha, respectivamente. Estos datos permiten comprender que los días requeridos para el cambio de estado fenológico pueden ser diferentes entre variedades de una misma especie.

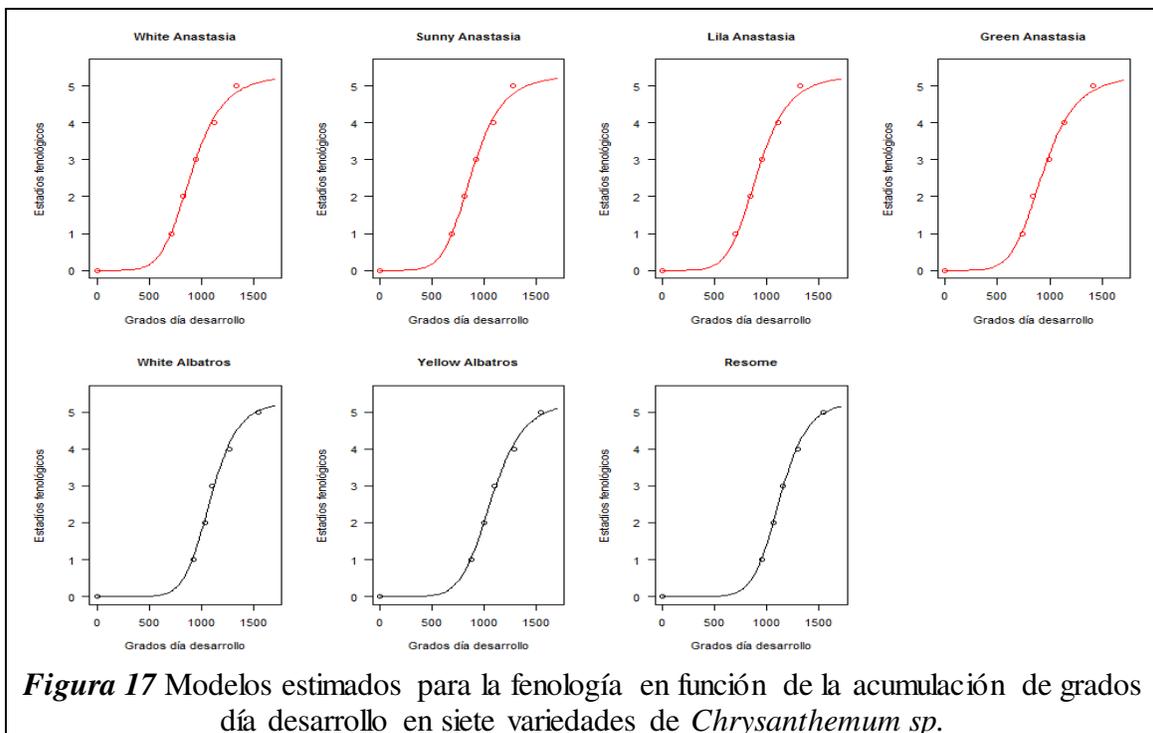
Los resultados de las tablas Anova y prueba de Tukey de los días después del trasplante requeridos para el cambio de cada estado fenológico se especifican en el Anexo 2.

#### **4.1.7 Relación de la acumulación de grados día sobre la fenología de *Chrysanthemum sp.***

En la Figura 16, se observa el esquema que relaciona la acumulación de grados día desarrollo y la fenología de *Chrysanthemum sp*, la cual está representada por una curva sigmoidea.



**Figura 16** Relación entre la fenología y acumulación de grados día desarrollo en siete variedades de *Chrysanthemum sp.*



**Figura 17** Modelos estimados para la fenología en función de la acumulación de grados día desarrollo en siete variedades de *Chrysanthemum sp.*

CONTINÚA 

VARIETADES	b	Std. Error	p-valor	c	d	e	Std. Error	p-valor
White Albatros	-8,39	0,53	0.0003	0	5,3	1087,67	6,91	3.55e <sup>-08</sup>
Yellow Albatros	-6,99	0,41	6.09e <sup>-05</sup>	0	5,3	1070,87	8,16	1.76e <sup>-08</sup>
Resome	-8,53	0,51	4.43e <sup>-06</sup>	0	5,3	1121,79	7,00	5.15e <sup>-10</sup>
White Anastasia	-5,96	0,53	4.75e <sup>-05</sup>	0	5,3	904,92	8,13	3.29e <sup>-08</sup>
Sunny Anastasia	-6,05	0,33	6.99e <sup>-05</sup>	0	5,3	881,57	7,83	4.63e <sup>-08</sup>
Lila Anastasia	-6.12	0,34	5.64e <sup>-05</sup>	0	5,3	909,31	8,01	3.36e <sup>-08</sup>
Green Anastasia	-5,86	0,32	4.82e <sup>-05</sup>	0	5,3	933,86	8,52	3.59e <sup>-08</sup>

Las siete variedades se ajustaron a un modelo matemático log logístico de cuatro parámetros

$f(x) = c + \frac{d-c}{1+\exp(b(\log(x)-\log(e)))}$ ; donde b fue la tasa de cambio, c fue el inicio del ciclo (Estado 0), d fue la finalización del ciclo (Estado 5) y e fue los GDD del 50% de la fenología (Figura 17).

Los valores de la probabilidad para cada parámetro fueron altamente significativos ( $p < 0.05$ ) y el error se mantuvo dentro del rango permitido para este tipo de estudio (Std error < 8.16).

En la Tabla 4, se especifican los modelos matemáticos log logísticos obtenidos para cada variedad de crisantemo en estudio.

**Tabla 4**

*Funciones Log logísticas entre la fenología y acumulación de grados día desarrollo en Chrysanthemum sp.*

Grupo	Variedad	Modelo Log logístico (4 Parámetros) $f(x) = c + \frac{d-c}{1+\exp(b(\log(x)-\log(e)))}$
Anastasia	White Anastasia	$EF = \frac{5,3}{1+\exp(-5,96(\log(GDD)-\log(904,92)))}$
	Sunny Anastasia	$EF = \frac{5,3}{1+\exp(-6,05(\log(GDD)-\log(881,57)))}$
	Lila Anastasia	$EF = \frac{5,3}{1+\exp(-6,12(\log(GDD)-\log(909,31)))}$
	Green Anastasia	$EF = \frac{5,3}{1+\exp(-5,86(\log(GDD)-\log(933,86)))}$

CONTINÚA 

<b>Estándares</b>	White Albatros	$EF = \frac{5,3}{1 + \exp(-8,39(\log(GDD) - \log(1087,67)))}$
	Yellow Albatros	$EF = \frac{5,3}{1 + \exp(-6,99(\log(GDD) - \log(1070,87)))}$
	Resome	$EF = \frac{5,3}{1 + \exp(-8,53(\log(GDD) - \log(1121,79)))}$

Los valores de los parámetros estimados y sus pruebas estadísticas para cada modelo matemático se especifican en el Anexo 3.

En base a cada modelo obtenido por variedad se estimaron los grados día desarrollo en cinco estados fenológicos (Tabla 5). La correlación entre los valores reales y estimados fue muy alta ( $R^2 > 0.994$ ) y la probabilidad fue altamente significativa.

**Tabla 5**

*Grados día desarrollo estimados en cinco estados fenológicos de siete variedades de Chrysanthemum sp.*

		<b>Botón arroz</b>		<b>Botón arveja</b>		<b>Botón garbanzo</b>		<b>Mostrando color</b>		<b>Cosecha</b>		<b>R2</b>	<b>P valor</b>
		GDD Est.	Std. Error	GDD Est.	Std. Error	GDD Est.	Std. Error	GDD Est.	Std. Error	GDD Est.	Std. Error		
<b>Estándares</b>	Resome	939,16	11,48	1043,29	7,83	1137,69	7,19	1245,89	11,22	1471,15	25,94	0.9991	2.80e <sup>-05</sup>
	White Albatros	907,94	11,31	1010,36	7,48	1103,35	7,21	1210,09	12,01	1432,81	28,01	0.9940	0.00055
	Yellow Albatros	862.23	12,52	980,20	8,84	1089,42	8,43	1217,05	13,33	1490,51	31,59	0.9971	0.00018
<b>Anastasias</b>	Green Anastasia	721,21	12,43	840,37	9,24	953,17	8,73	1087,79	13,32	1385,16	32,45	0.9977	0.00012
	Lila Anastasia	709,98	12,40	821,94	9,11	927,32	8,10	1052,38	11,90	1326,43	29,31	0.9942	0.00052
	White Anastasia	701,86	12,01	815,75	8,90	923,33	8,31	1051,43	12,59	1333,54	30,66	0.9940	0.00054
	Sunny Anastasia	686,29	11,78	795,90	8,72	899,23	7,96	1022,05	11,84	1291,77	28,87	0.9919	0.00087

## 4.2 Variables de crecimiento y acumulación de grados día desarrollo.

### 4.2.1 Longitud del tallo

En la Tabla 6 se observan los resultados obtenidos del promedio de la longitud del tallo al trasplante y cosecha. Las variedades Anastasias presentaron una mayor altura inicial que varió entre 8.03 cm y 10.18 cm, siendo Sunny Anastasia la que empezó con mayor altura; mientras que los Estándares mostraron longitudes menores entre 6.05 cm y 7.84 cm. La variedad Resome presentó una menor longitud de tallo.

**Tabla 6**

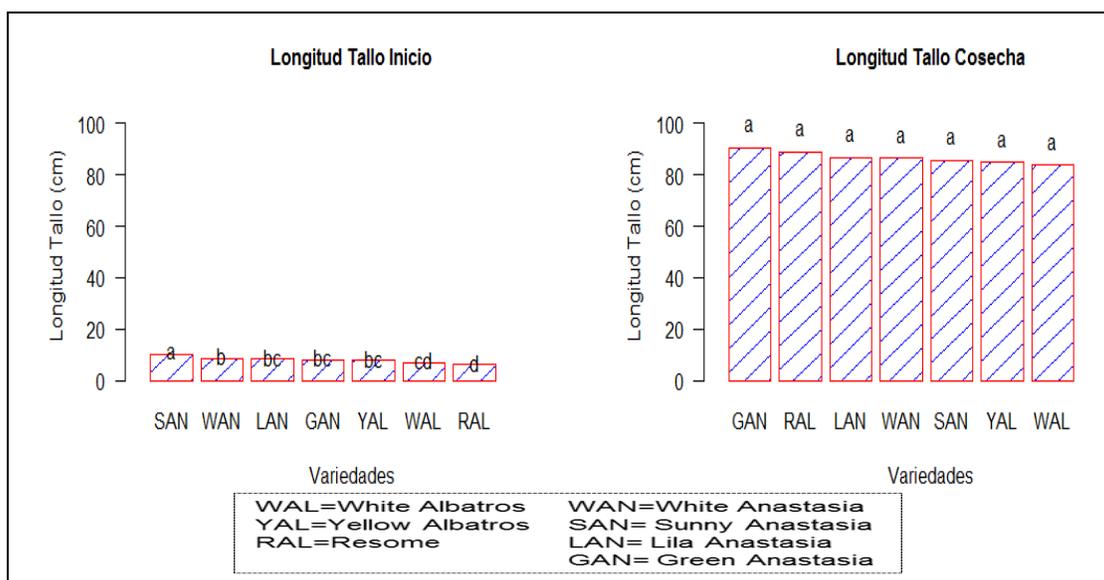
*Longitud de tallo y grados día desarrollo acumulados al trasplante y cosecha en siete variedades de Chrysanthemum sp.*

Variedades	Trasplante		Cosecha		
	Altura (cm)	GDD	Altura (cm)	GDD	
<b>Anastasia</b>	Sunny Anastasia	10.18 a	0	85.80 a	1277.30 d
	White Anastasia	8.72 b	0	86.42 a	1333.17 c
	Lila Anastasia	8.19 bc	0	86.89 a	1318.86 cd
	Green Anastasia	8.03 bc	0	90.46 a	1413.46 b
<b>Estándar</b>	Yellow Albatros	7.84 bc	0	84.77 a	1542.90 a
	White Albatros	6.96 cd	0	83.78 a	1542.90 a
	Resome	6.05 d	0	88.77 a	1542.90 a
HSD	1.44		6.87	52.06	
CV	7.84		3.44	1.58	

Medias con una letra en común no son significativamente diferentes (HSD Tukey  $p < 0.05$ )

La prueba de comparación de medias señaló cuatro categorías, la longitud del tallo al trasplante fue estadísticamente diferente en las variedades Resome, Sunny y White Anastasia (Figura 18).

Los resultados de las tablas Anova y pruebas de Tukey de la longitud del tallo se especifican en el Anexo 4.



**Figura 18** Comparación de medias para la longitud del tallo al trasplante y cosecha en siete variedades de *Chrysanthemum sp.*

Según (Pearson, Hadley, & Wheldon, 1995), en crisantemo la altura final de la planta es el producto de la cantidad de entrenudos y la longitud promedio del entrenudo. Las temperaturas elevadas favorecen un mayor crecimiento en altura (Andrade, 2009), en consecuencia la acumulación de la temperatura tiene un efecto positivo sobre el crecimiento de las plantas, a medida que se acumulan unidades de calor la estimulación en el desarrollo de las planta incrementa (De la Rosa, 2013).

En la cosecha, la variedad Green Anastasia presentó la mayor altura 90.46 cm y acumuló la mayor cantidad de grados día desarrollo dentro del grupo de anastasias; al contrario las variedades White y Yellow Albatros fueron las que menor altura promedio alcanzaron 83.78 cm y 84.77 cm, respectivamente; sin embargo, su requerimiento de grados día desarrollo fue superior (Tabla 5). La Figura 18 indica que no existieron diferencias significativas entre la longitud del tallo a la cosecha ( $p=0.0667$ ).

(Carvalho, 2014), señala que al analizar la altura de las plantas de crisantemo (*Dendranthema grandiflorum*), la menor acumulación de grados día provoca que las plantas alcancen alturas mayores (41.9 cm). Al incrementar la altura los tallos se quedan delgados y provoca la caída de las inflorescencias. Estos resultados coinciden con los obtenidos, ya que las variedades con mayor altura acumularon menor cantidad de grados día.

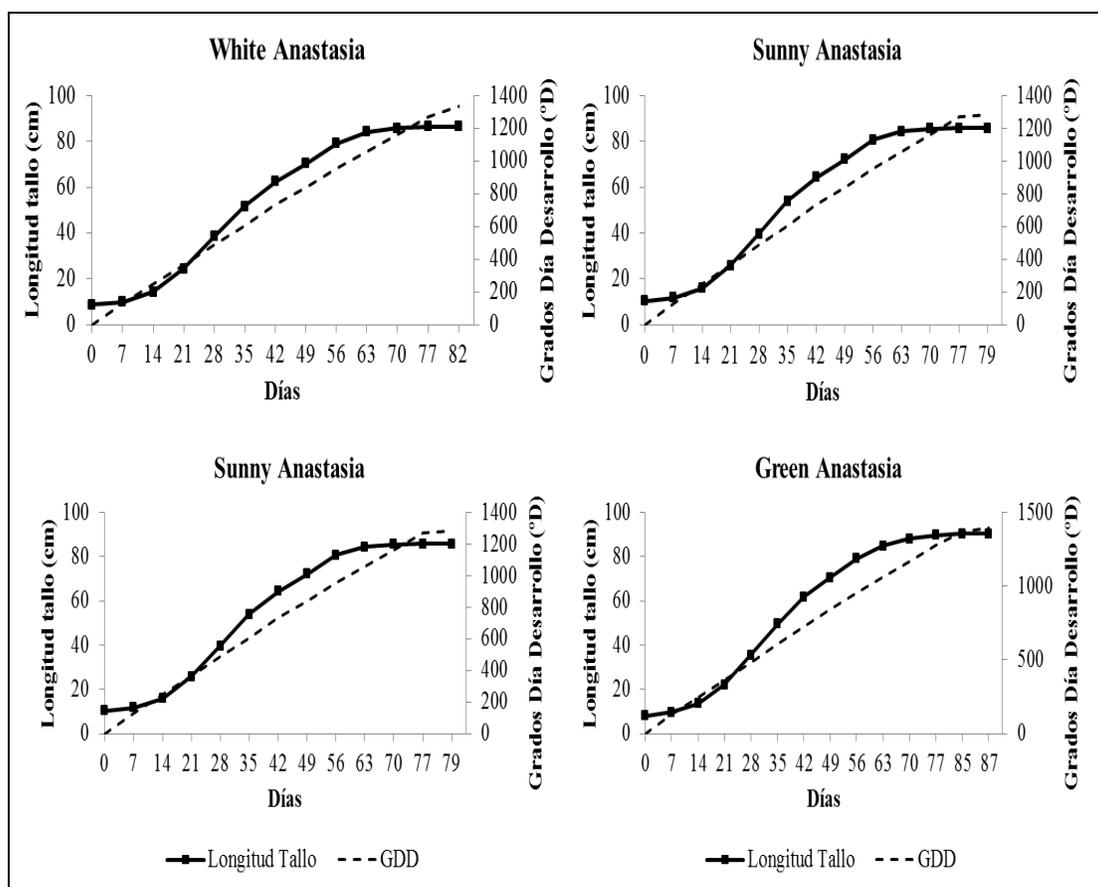
#### **a) Curvas de crecimiento**

En el presente estudio, la acumulación de grados día desarrollo en función del tiempo puede describirse como una función lineal; (Infante, 2010), señala que en remolacha azucarera (*Beta vulgaris*), las etapas de desarrollo fueron directamente proporcionales a la acumulación de calor, por lo tanto presenta un comportamiento totalmente lineal.

El comportamiento de la longitud del tallo responde a una curva sigmoidea, característica del crecimiento de seres vivos. Según (González, y otros, 2011), el crecimiento sigmoidal está conformado por una fase inicial de crecimiento lento, una fase posterior de crecimiento exponencial y una fase estacionaria en la cual el órgano vegetal detiene su crecimiento. Sin embargo, estos autores al determinar la altura de la planta en gladiolo (*Gladiolus grandiflorus*) encontraron que a lo largo del ciclo, la altura crece describiendo una curva tipo exponencial. En cambio, Taiz y Zeiger citado en (González, y otros, 2011) manifiestan que los órganos de las plantas crecen describiendo una curva sigmoidea.

En anastacias, la curva de crecimiento de la longitud del tallo evidencia claramente una fase exponencial, una fase lineal y una fase estacionaria. La fase exponencial inicia desde el día 0 hasta aproximadamente el día 35, las plantas en este periodo, están en fase vegetativa y la tasa de crecimiento es continua. En la fase lineal el crecimiento es constante e inicia a partir del día 35 y se extiende hasta los 63 días, exceptuando la variedad Green que crece hasta los 70 días

(coincidiendo con el estado botón garbanzo). A partir de este periodo, la planta tiende a mantener un valor constante que aumenta hasta 3 cm al llegar a la cosecha (Figura 19).

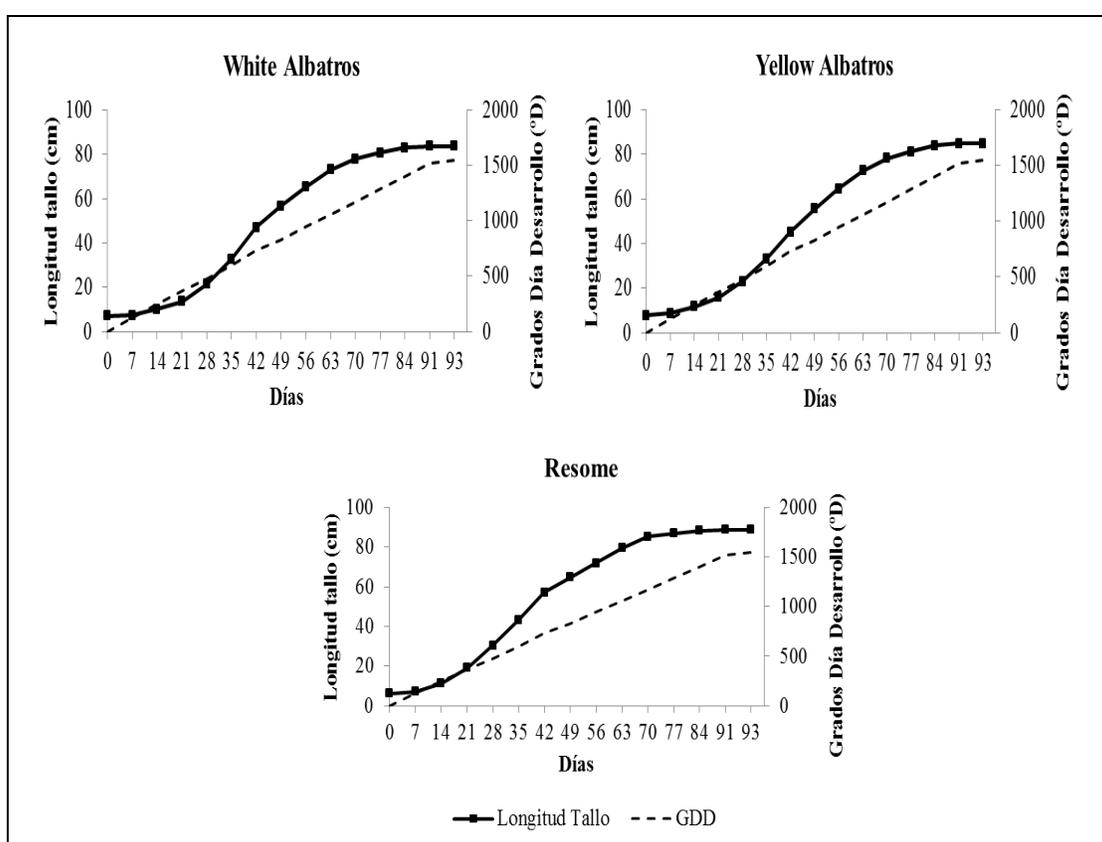


**Figura 19** Longitud del tallo vs grados día desarrollo en función del tiempo en variedades Anastasias.

En el grupo de Estándares, la longitud del tallo demostró una tasa de crecimiento exponencial hasta el día 42, respecto a la fenología las plantas estaban en fase vegetativa. El crecimiento se mantuvo constante hasta aproximadamente el día 70 y coincidió con el inicio del botón garbanzo. Finalmente, la altura llegó hasta su máximo desarrollo y se mantuvo hasta alcanzar la madurez comercial. La curva de crecimiento de la longitud de tallo de la variedad Resome es diferente, ya

que alcanzó el mayor valor en altura en el mismo periodo de tiempo y acumulando la misma cantidad de grados día desarrollo (Figura 20).

En crisantemo, el crecimiento de la longitud del tallo se reduce después de alcanzar la fase reproductiva (Carvalho, 2014). En los resultados obtenidos, las plantas de las siete variedades en estudio solo crecieron significativamente hasta el estado de botón garbanzo (Tercer estado reproductivo) y posteriormente el crecimiento se detuvo.

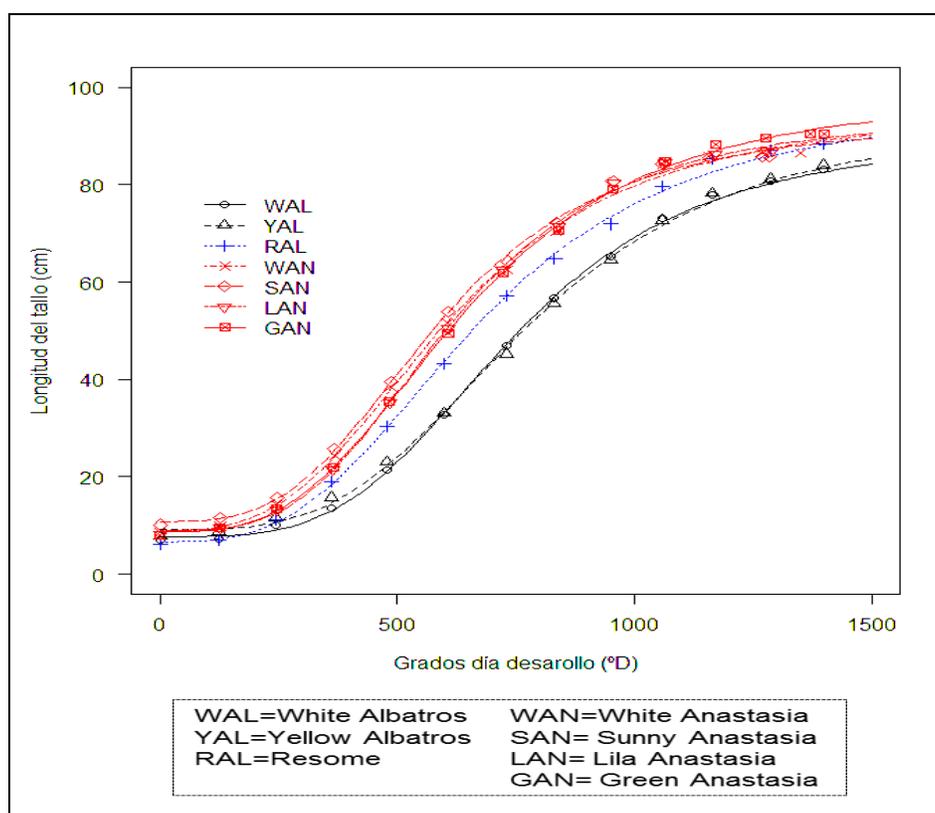


**Figura 20** Longitud del tallo vs Grados Día Desarrollo en función del tiempo en variedades Estándares.

Los datos obtenidos semanalmente de la longitud del tallo y acumulación de °D se especifican en el Anexo 5.

### b) Relación entre longitud del tallo y acumulación de grados día

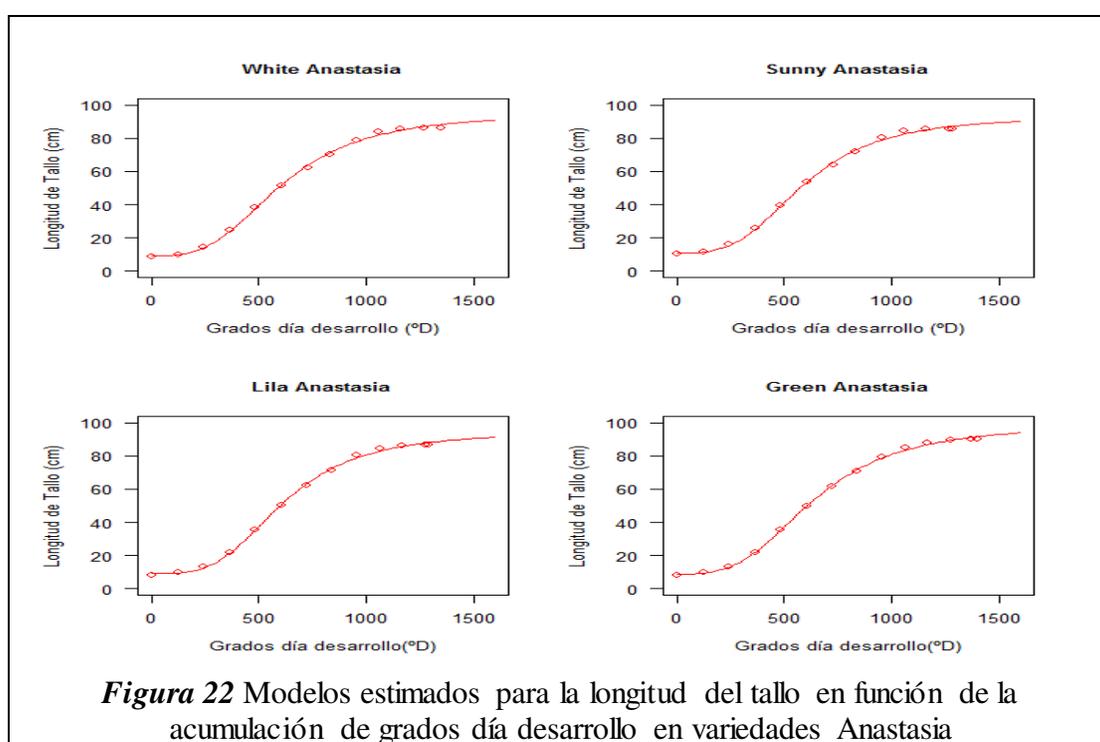
En la Figura 21, se observa el esquema que relaciona la acumulación de grados día desarrollo y la longitud del tallo. Las siete variedades se ajustaron a una función log logística, en la cual el crecimiento puede ser descrito por una curva sigmoidea. La longitud del tallo en las variedades anastasia tuvo un comportamiento semejante. En el caso de los estándares, las variedades White y Yellow Albatros demostraron cierta relación pero la variedad Resome tuvo un crecimiento particular, esta condición está relacionada a la tasa de crecimiento ya que esta variedad inició con la menor longitud de tallo y al llegar a la cosecha fue la segunda variedad más alta.



**Figura 21** Longitud del tallo en función de la acumulación de grados día desarrollo en siete variedades de *Chrysanthemum sp.*

- **Variedades Anastasia**

Los valores de los parámetros de las funciones log logísticas para las variedades anastasia se especifican en la Figura 22; donde b es la tasa de cambio, c la longitud mínima, d es la longitud máxima y e los grados día desarrollo del 50% de la altura. Los valores de probabilidad ( $p < 0.05$  %) son altamente significativos y el error se mantuvo dentro del rango permitido para este tipo de estudio (Std error <11,0).



**Figura 22** Modelos estimados para la longitud del tallo en función de la acumulación de grados día desarrollo en variedades Anastasia

Variedad	b		c		d		e	
	Valor	Std. Error	Valor	Std. Error	Valor	Std. Error	Valor	Std. Error
White Anastasia	-3.04 ***	0.15	9.04 ***	0.78	95.38 ***	1.68	609.90 ***	10.95
Sunny Anastasia	-3.22 ***	0.16	10.82 ***	0.77	93.44 ***	1.52	592.32 ***	10.03
Lila Anastasia	-3.39 ***	0.16	8.98 ***	0.74	94.45 ***	1.50	615.51 ***	9.51
Green Anastasia	-3.12 ***	0.14	8.73 ***	0.74	98.88 ***	1.25	641.50 ***	10.16

En la Tabla 7, se especifican los modelos matemáticos obtenidos para la relación entre la longitud del tallo y acumulación de grados día desarrollo en variedades Anastasia.

El comportamiento matemático de la variedad White Anastasia, indica que el tallo crece 1 cm por cada 3.04 °D que la planta acumula, esta condición se da en el punto de inflexión; es decir cuando la planta alcanza el 50% de su longitud al acumular 609.9 °D. La altura máxima promedio que alcanzaría es de 95.38 cm. En campo, la altura superior fue 86.42 cm acumulando 1333.17 °D.

**Tabla 7**

*Funciones Log logísticas entre la longitud de tallo y acumulación de grados día desarrollo en variedades Anastasia*

	<b>Variedad</b>	<b>Modelo Log logístico (4 Parámetros)</b> $f(x) = c + \frac{d - c}{1 + \exp(b(\log(x) - \log(e)))}$
Anastasia	White Anastasia	$EF = 9.04 + \frac{95.38 - 9.04}{1 + \exp(-3.04(\log(GDD) - \log(609.90)))}$
	Sunny Anastasia	$EF = 10.82 + \frac{93.44 - 10.82}{1 + \exp(-3.22(\log(GDD) - \log(592.32)))}$
	Lila Anastasia	$EF = 8.98 + \frac{94.45 - 8.98}{1 + \exp(-3.39(\log(GDD) - \log(615.51)))}$
	Green Anastasia	$EF = 8.73 + \frac{98.88 - 8.73}{1 + \exp(-3.12(\log(GDD) - \log(641.50)))}$

En la variedad Sunny Anastasia, a partir del punto de inflexión por cada 3.22 °D acumulados la longitud incrementa 1 cm. En función a este modelamiento el 50 % de la altura se logra al acumular 592.32 °D y la longitud máxima podría llegar hasta 93.44 cm. Los datos recolectados señalan 85.80 cm como mayor longitud para esta variedad al acumular 1277.30 °D.

La variedad Lila Anastasia demuestra que por cada 3.39 °D que se acoplan la planta crece 1 cm al llegar al 50 % de la altura. Por tanto, la mitad de la longitud se alcanza cuando se reúnen 615.51 °D. La altura máxima modelada puede llegar hasta 94.45 cm.

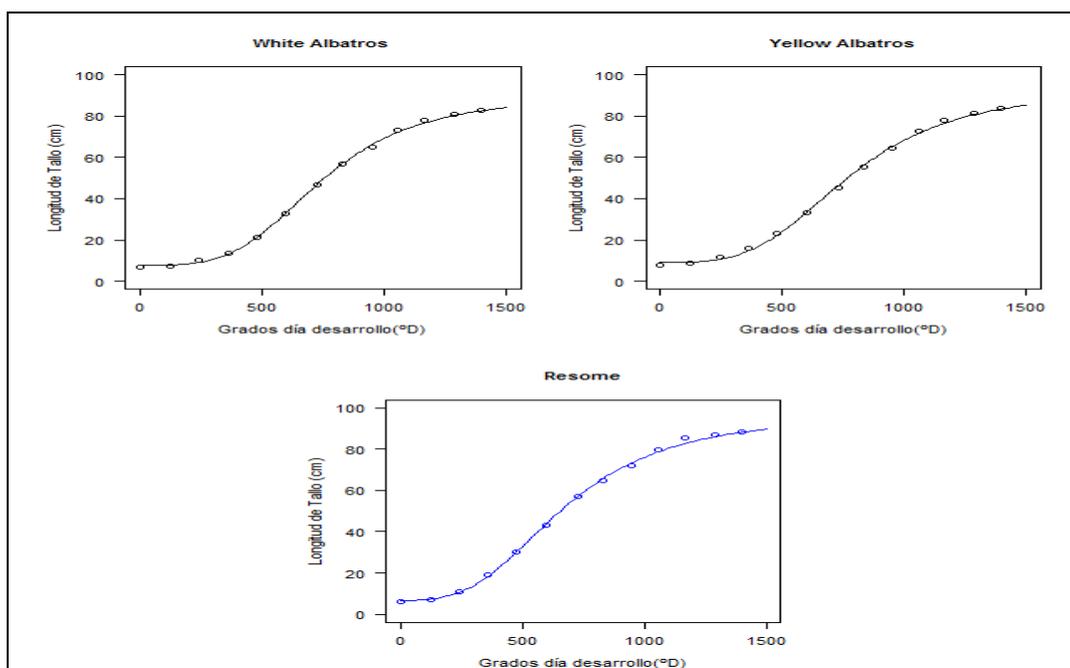
La tendencia de la variedad Green Anastasia señala que por cada 3.12 °D acumulados la longitud del tallo aumenta 1 cm en el intercepto. Así, el 50% de la longitud del tallo se alcanzó cuando la planta acumuló 641.5 °D. Esta variedad es la más alta dentro del grupo de Anastasias, ya que mostró una longitud de 90.47 cm acumulando 1413.46 °D. La altura máxima obtenida en el modelo fue 98.88 cm.

- **Variedades Estándar**

Los valores de los parámetros de las funciones log logísticas para las variedades estándares se especifican en la Figura 23, donde b es la tasa de cambio, c la longitud de mínima, d es la longitud máxima y e los grados día desarrollo del 50% de la altura. Los valores de probabilidad ( $p < 0.05$  %) son altamente significativos y el error se mantuvo dentro de los rangos permitidos para este tipo de estudio (Std error < 12.0).

El comportamiento matemático de la variedad White Albatros expresa que desde el punto de inflexión, por cada 3.68 °D acumulados la longitud incrementa 1 cm. En función a este modelamiento el 50 % de la altura se logra al acumular 745.84 °D y la longitud máxima puede llegar hasta 89.96 cm. Los datos recolectados señalan 83.78 cm como mayor longitud para esta variedad al acumular 1542.90 °D.

La variedad Yellow Albatros alcanza el punto de inflexión al acumular 778.06 °D. A partir de este momento la planta crece 1 cm por cada 3.45 °D que se acumulan. La altura máxima promedio que alcanzaría es de 93.22 cm. En campo, la altura superior fue 84.77 cm acumulando 1542.90 °D.



**Figura 23** Modelos estimados para la longitud del tallo en función de la acumulación de grados día desarrollo en variedades Estándares

	b		c		d		e	
Variedad	Valor	Std. Error	Valor	Std. Error	Valor	Std. Error	Valor	Std. Error
White Albatros	-3.68 ***	0.17	7.75 ***	0.66	89.96 ***	1.31	745.84 ***	9.83
Yellow Albatros	-3.45 ***	0.17	9.14 ***	0.68	93.22 ***	1.61	778.06 ***	11.73
Resome	-3.03 ***	0.13	6.68 ***	0.75	97.06 ***	1.42	675.22 ***	10.19

En la variedad Resome por cada 3.03 °D acumulados la longitud incrementa 1 cm, esta condición se observa en el punto de inflexión. En función a este modelamiento el 50 % de la altura se logra al acumular 675.22 °D y la longitud máxima puede llegar hasta 97.06 cm. En campo, la mayor altura fue de 88.78 cm al acumular 1542.90 °D. La tasa de crecimiento de esta variedad es menor, por lo tanto se requiere una menor acumulación de grados día para incrementar la longitud, este resultado explica el crecimiento particular de esta variedad y la longitud obtenida a la cosecha.

En la Tabla 8, se especifican los modelos matemáticos obtenidos para la relación entre la longitud del tallo y acumulación de grados día desarrollo en variedades Estándar.

**Tabla 8**

*Funciones Log logísticas entre la longitud del tallo y acumulación de grados día desarrollo en variedades Estándar*

	<b>Variedad</b>	<b>Modelo Log logístico (4 Parámetros)</b> $f(x) = c + \frac{d - c}{1 + \exp(b(\log(x) - \log(e)))}$
<b>Estándares</b>	White Albatros	$EF = 7.75 + \frac{89.96 - 7.75}{1 + \exp(-3.68(\log(GDD) - \log(745.84)))}$
	Yellow Albatros	$EF = 9.14 + \frac{93.22 - 9.14}{1 + \exp(-3.45(\log(GDD) - \log(778.06)))}$
	Resome	$EF = 6.68 + \frac{97.06 - 6.68}{1 + \exp(-3.03(\log(GDD) - \log(675.22)))}$

#### 4.2.2 Índice Plastocrónico

El índice plastocrónico es un resultado numérico que nos permite conocer el estado de desarrollo de la planta. Los resultados obtenidos demuestran que en la mayoría de variedades estudiadas la longitud del tallo y el índice plastocrónico son inversamente proporcionales; es decir, que a mayor altura el índice es menor y viceversa. Estos resultados explican que en *Chrysanthemum sp* cuando la longitud del tallo es menor, la planta dispone de un mayor número de hojas.

También se observó que las hojas basales son de mayor tamaño y conforme se acercan a la zona apical decrecen. (Takeda, Arakawa, & Kawai, 2017), en su estudio sobre cambios morfológicos en *Chrysanthemum morifolium* señalan que las hojas cambian dependiendo de la edad de la planta. Las hojas formadas en una fase temprana tienen una forma más simple mientras que las formadas con anterioridad presentan mayor complejidad.

En el trasplante, se evidenció que las variedades con menor longitud de tallo presentaron un mayor índice plastocrónico. Aunque existieron excepciones, como la variedad Sunny Anastasia porque inicio con la mayor altura (10.18 cm) y también presentó un índice plastocrónico elevado (8.99). La variedad Resome inició con una menor longitud (6.10 cm) e índice plastocrónico (5.03) (Tabla 9).

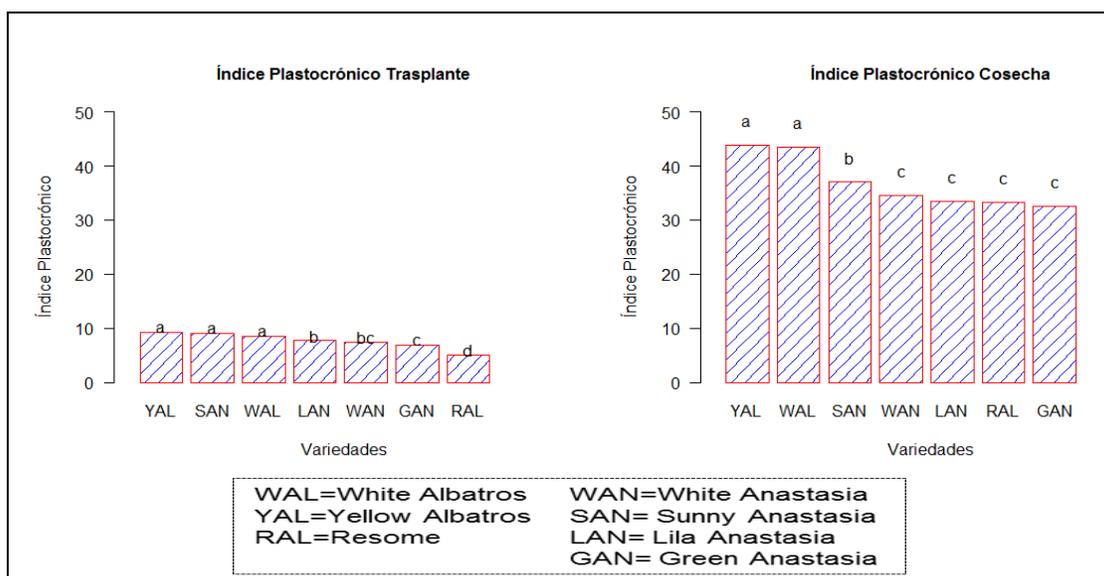
**Tabla 9**  
*Índice plastocrónico y grados día desarrollo acumulados al trasplante y cosecha en siete variedades de Chrysanthemum sp.*

Grupo	Variedades	Trasplante		Cosecha	
		Índice Plastocrónico	GDD	Índice Plastocrónico	GDD
E	Yellow Albatros	9.29 a	0	43.88 a	1542.90 a
A	Sunny Anastasia	8.99 a	0	37.11 b	1277.30 d
E	White Albatros	8.56 a	0	43.39 a	1542.90 a
A	Lila Anastasia	7.71 b	0	33.53 c	1318.86 cd
A	White Anastasia	7.41 bc	0	34.51 c	1333.17 c
A	Green Anastasia	6.90 c	0	32.61 c	1413.46 b
E	Resome	5.03 d	0	33.29 c	1542.90 a
	HSD	0.75		2.67	52.06
	CV	4.24		2.26	1.58

Medias con una letra en común no son significativamente diferentes (HSD Tukey  $p < 0.05$ ). E= Variedades Estándares; A= Variedades Anastasias

En la cosecha, el índice plastocrónico tuvo la misma tendencia. Las variedades con mayor longitud de tallo presentaron un menor índice. Siendo las variedades White y Yellow Albatros las que obtuvieron los mayores valores, 43.39 y 43.88, respectivamente, al acumular 1542.90 °D. El menor valor del índice plastocrónico lo obtuvo la variedad Green Anastasia (32.61) al acumular 1413.46 °D (Tabla 9).

La prueba de comparación de medias señalo cuatro categorías para el índice plastocrónico al trasplante y tres categorías a la cosecha (Figura 24).



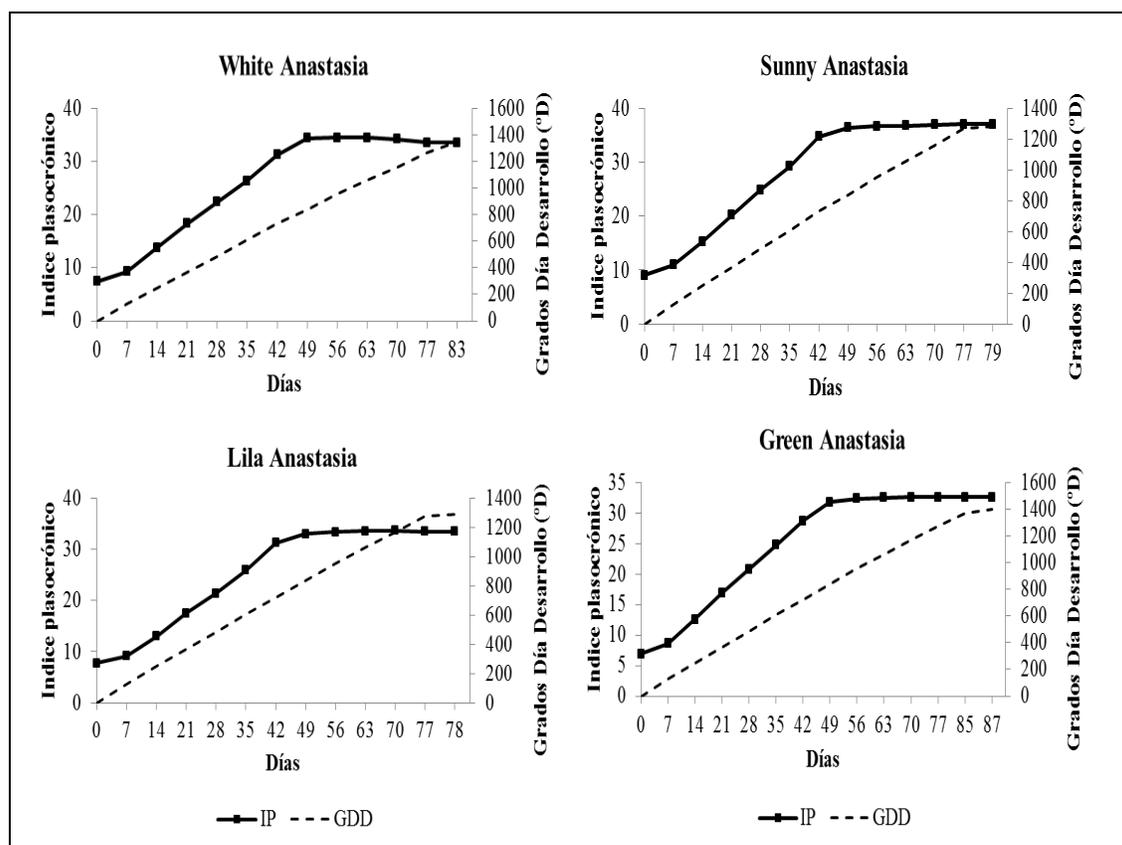
**Figura 24** Comparación de medias para el índice plastocrónico al trasplante y cosecha en siete variedades de *Chrysanthemum sp.*

Los resultados de las tablas Anova y pruebas de Tukey del índice plastocrónico se especifican en el Anexo 6.

#### a) Curvas de crecimiento

En Anastasias, la curva de crecimiento del índice plastocrónico en función del tiempo presentó una fase lineal y una fase estacionaria. La fase lineal se observó desde el día 0 hasta aproximadamente el día 49, donde el crecimiento fue constante hasta acumular 835.20 °D, coincidiendo con el estado de botón arveja. Posteriormente, se presentó la fase estacionaria donde el crecimiento se detiene y se llegó a incrementar como máximo dos unidades en el índice plastocrónico, es decir que se formaron hasta dos nuevas hojas (Figura 25).

La acumulación de grados día desarrollo a través del tiempo tiene un comportamiento lineal.

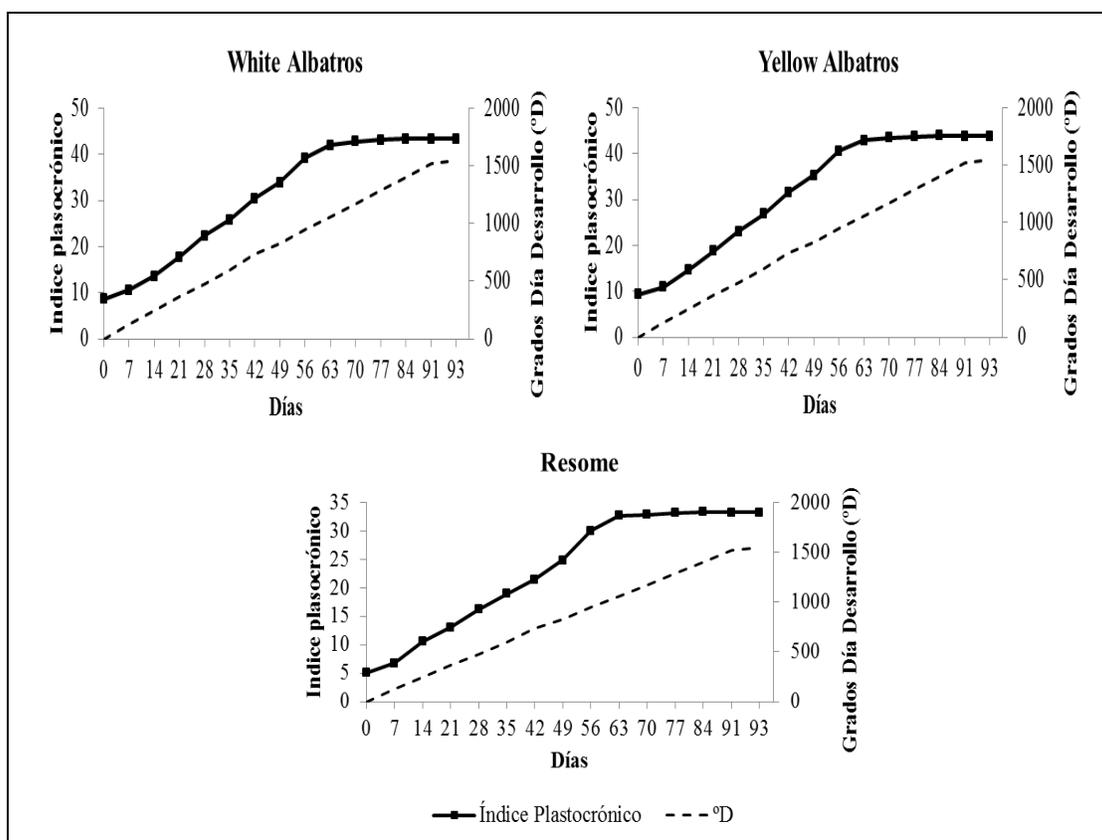


**Figura 25** Longitud del tallo vs Grados Día Desarrollo en función del tiempo en variedades Anastasias

En el grupo de Estándares, el índice plastocrónico tuvo un comportamiento semejante a las variedades Anastasias. Se presentó una fase lineal en la cual hay un incremento constante en el valor del índice plastocrónico hasta los 63 días, tiempo en el cual las plantas se encontraron en etapa de botón arveja. A partir de este periodo, las plantas incrementaron como máximo 3 unidades en el índice plastocrónico hasta alcanzar la cosecha (Figura 26).

Según (López, Chaves, Flórez, & Salazar, 2010), en *Dianthus caryophyllus* cv. Delphi, la aparición de nudos es un proceso acelerado en los primeros estadios de desarrollo, que se vuelve paulatino a medida que transcurre el tiempo. (Van Der Ploeg & Heuvelink, 2006), señalan que en crisantemo el desarrollo de primordios foliares termina cuando empieza el desarrollo de la flor.

Los datos obtenidos semanalmente del índice plastocrónico y la acumulación de °D se especifican en el Anexo 7.



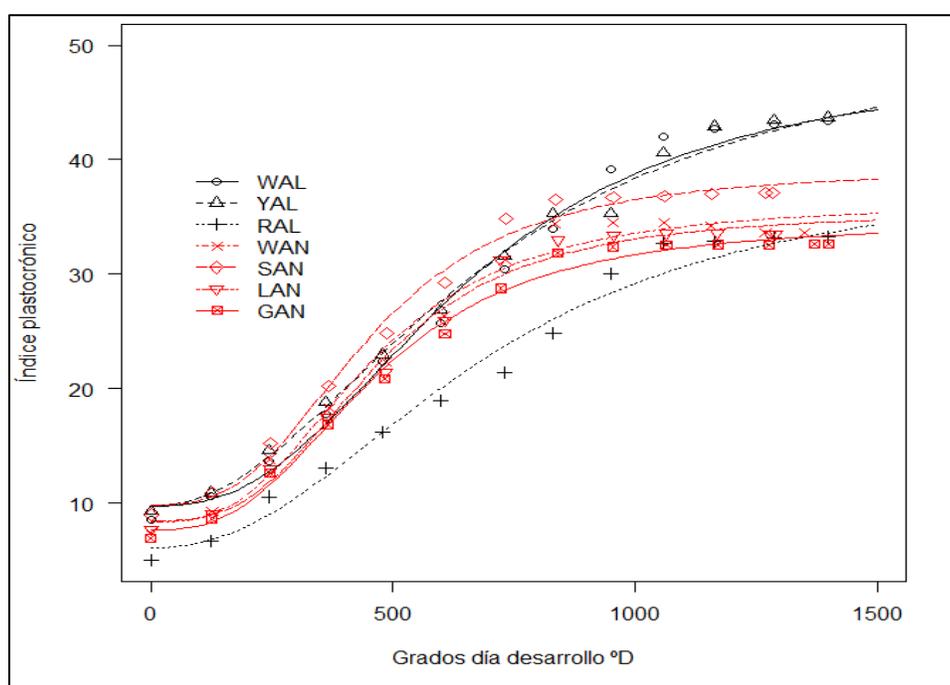
**Figura 26** Índice plastocrónico vs Grados Día Desarrollo en función del tiempo en variedades Estándares

### b) Relación entre el índice plastocrónico y acumulación de grados día

La relación entre la acumulación de grados día desarrollo y el índice plastocrónico fue modelada en base a una función log logística de cuatro parámetros. Como se puede observar en la Figura 27, cada variedad tuvo un desarrollo individual; sin embargo, se observó cierta similitud entre las variedades Anastasias. Las curvas de las variedades White y Yellow Albatros también indicaron congruencia pero la respuesta de la variedad Resome se diferenció de las demás

variedades sujetas a estudio. Este resultado puede estar influenciado por el menor valor de índice plastocrónico que se evidenció tanto al trasplante y cosecha.

En el presente trabajo, se trató de conocer la relación que existe entre el número de hojas (índice plastocrónico) y la acumulación de grados día desarrollo (temperatura). Sin embargo autores, como (Van Der Ploeg & Heuvelink, 2006), manifiestan que el número de hojas hasta la floración es altamente dependiente del cultivar y de la duración del periodo de días largos,

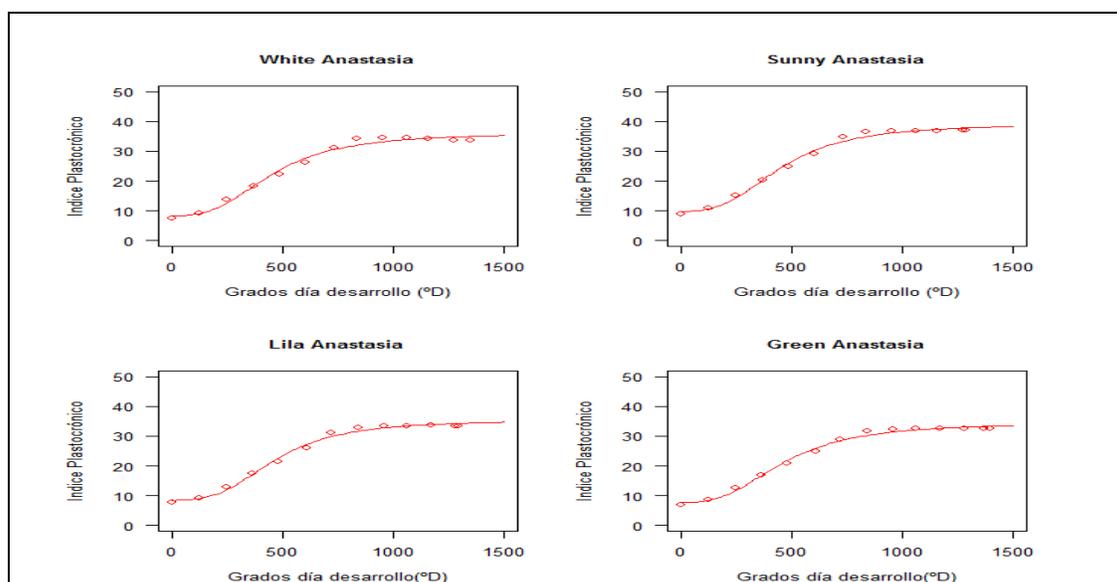


**Figura 27** Índice plastocrónico en función de la acumulación de grados día desarrollo en siete variedades de *Chrysanthemum sp.*

- **Variedades Anastasia**

Los valores de los parámetros de las funciones log logísticas para las variedades anastasia se especifican en la Figura 28; dónde: b es la tasa de cambio, c es el índice plastocrónico mínimo, d es el índice plastocrónico máximo y e los grados día desarrollo acumulados hasta el 50% del

índice plastocrónico. Los valores de probabilidad ( $p < 0.05$  %) son altamente significativos y el error se mantuvo dentro de los rangos permitidos para este tipo de estudio (Std. Error < 26.0).



**Figura 28** Modelos estimados para el Índice Plastocrónico en función de grados día en variedades Anastasias.

	b		c		d		e	
<b>Variedad</b>	<b>Valor</b>	<b>Std. Error</b>	<b>Valor</b>	<b>Std. Error</b>	<b>Valor</b>	<b>Std. Error</b>	<b>Valor</b>	<b>Std. Error</b>
White Anastasia	-2.85 ***	0.47	8.32 ***	1.06	36.20 ***	1.18	452.57 ***	25.56
Sunny Anastasia	-2.89 ***	0.47	9.85 ***	1.04	39.19 ***	1.22	452.67 ***	23.80
Lila Anastasia	-3.03 ***	0.51	8.47 ***	1.01	35.47 ***	1.16	456.65 ***	25.10
Green Anastasia	-2.77 ***	0.14	8.73 ***	0.74	98.88 ***	1.25	641.50 ***	10.16

La relación matemática entre el índice plastocrónico y la acumulación de grados día en la variedad White Anastasia, indicó que el índice plastocrónico crece una unidad por cada 2.85 °D que la planta acumula, esta condición se da en el punto de inflexión; es decir cuando la planta alcanza el 50% del índice plastocrónico al acumular 452.57 °D. Bajo estas condiciones esta

variedad alcanzaría un índice plastocrónico máximo de 36.20. Los datos recolectados indican que 33.61 fue el mayor valor de índice plastocrónico al acumular 1333.17 °D.

**Tabla 10**

*Funciones Log logísticas entre el índice plastocrónico y acumulación de grados día desarrollo en variedades Anastasia*

	<b>Variedad</b>	<b>Modelo Log logístico (4 Parámetros)</b> $f(x) = c + \frac{d - c}{1 + \exp(b(\log(x) - \log(e)))}$
Anastacias	White Anastasia	$EF = 8.32 + \frac{36.20 - 8.32}{1 + \exp(-2.85(\log(GDD) - \log(452.57)))}$
	Sunny Anastasia	$EF = 9.85 + \frac{39.19 - 9.85}{1 + \exp(-2.89(\log(GDD) - \log(452.67)))}$
	Lila Anastasia	$EF = 8.47 + \frac{35.47 - 8.47}{1 + \exp(-3.03(\log(GDD) - \log(456.65)))}$
	Green Anastasia	$EF = 8.73 + \frac{34.57 - 8.73}{1 + \exp(-2.77(\log(GDD) - \log(464.58)))}$

En la variedad Sunny Anastasia a partir del punto de inflexión por cada 2.89 °D acumulados el índice plastocrónico aumenta en 1. En función a este modelamiento el 50 % del índice plastocrónico se logra al acumular 452.67 °D y el índice plastocrónico final podría llegar hasta 39.18. Los datos recolectados señalan 37.11 como mayor índice plastocrónico para esta variedad al acumular 1277.30 °D.

En la variedad Lila Anastasia desde el 50 % del índice plastocrónico la planta crece en una unidad de IP por cada 3.03 °D. Por tanto, la mitad del índice plastocrónico se alcanza cuando se reúnen 465.65 °D. El índice plastocrónico máximo modelado puede llegar hasta 35.47.

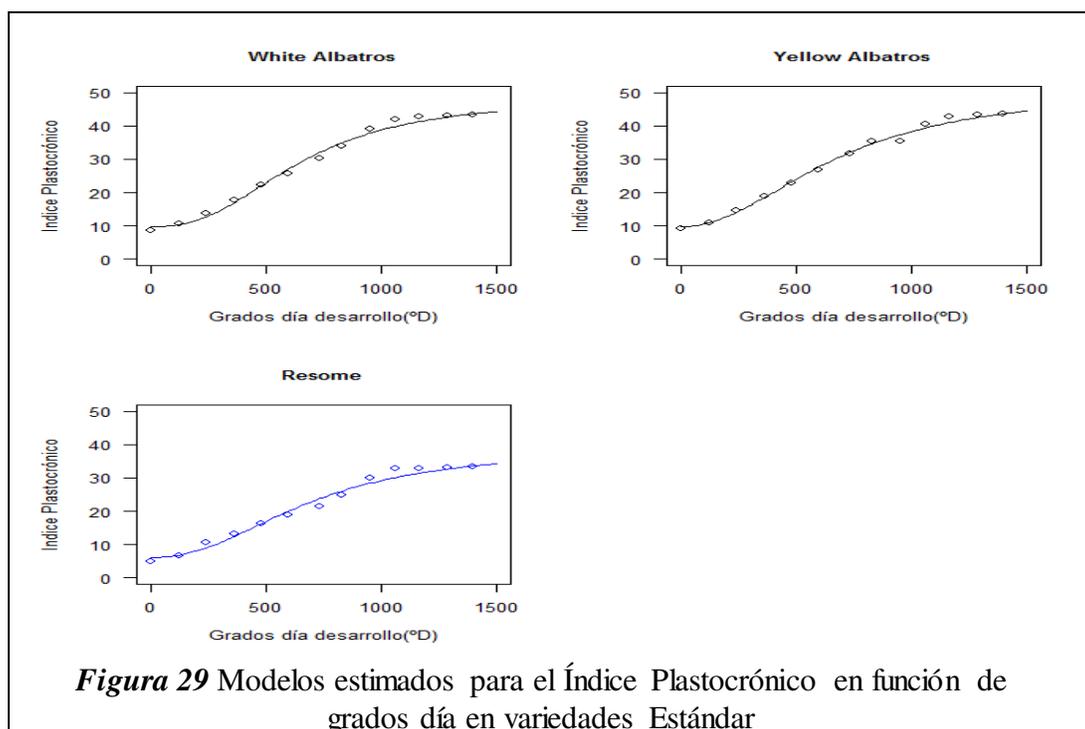
La tendencia de la variedad Green Anastasia señala que por cada 2.77 °D acumulados el índice plastocrónico aumenta 1 en el intercepto. El índice plastocrónico se encuentra al 50% cuando la

planta acumula 464.58 °D. Esta variedad presenta lo menores valores de índice plastocrónico 34.57 y 32.61 modelado y en campo, respectivamente.

En la Tabla 10, se especifican los modelos matemáticos obtenidos para la relación entre la longitud del tallo y acumulación de grados día desarrollo en variedades Estándar.

- **Variedades Estándar**

Los valores de los parámetros de las funciones log logísticas para las variedades estándares se especifican en la Figura 21; dónde: b es la tasa de cambio, c es el índice plastocrónico mínimo, d es el índice plastocrónico máximo y e los grados día desarrollo al 50% del índice plastocrónico. Los valores de probabilidad ( $p < 0.05$  %) fueron altamente significativos y el error se mantuvo dentro de los rangos permitidos para este tipo de estudio (Std. Error < 56).



CONTINÚA 

	b		c		d		e	
Variedad	Valor	Std. Error	Valor	Std. Error	Valor	Std. Error	Valor	Std. Error
White Albatros	-2.52 ***	0.33	9.75 ***	0.98	48.56 ***	1.98	649.98 ***	33.07
Yellow Albatros	-2.09 ***	0.29	9.73***	1.04	51.29 ***	3.00	683.36 ***	54.00
Resome	-2.25 ***	0.41	6.11 ***	1.08	39.22 ***	2.74	690.29 ***	55.70

En el grupo de estándares, el comportamiento matemático de la variedad White Albatros expresa que por cada 2.52 °D acumulados el índice plastocrónico incrementa en 1 unidad. Esta condición se observa en el punto de inflexión, es decir, cuando el índice plastocrónico alcanza el 50%. En función a este modelamiento el valor medio del índice plastocrónico total se logra al acumular 649.98 °D y se puede presentar un valor máximo de índice plastocrónico de 48.56. El índice plastocrónico máximo recolectado fue de 43.39 al acumularse 1542.90 °D.

En la variedad Yellow Albatros a partir de punto de inflexión, por cada 2.09 °D que la planta acumula el índice plastocrónico aumenta en 1. Con esta tasa de crecimiento el índice plastocrónico llega al 50% cuando acumula 683.36 °D, el índice plastocrónico máximo modelado sería de 51.29. En campo, el índice plastocrónico superior fue 43.88 acumulando 1542.90 °D.

En la variedad Resome, el índice plastocrónico aumenta 1 unidad por cada 2.25 °D acumulados. En función a este modelamiento el 50 % del índice plastocrónico se logra al acumular 690.29 °D y el IP máximo puede llegar hasta 39.22. En campo, el mayor valor fue 33.29 al acumular 1542.90 °D.

En la Tabla 11 se especifican los modelos matemáticos obtenidos para la relación entre la longitud del tallo y acumulación de grados día desarrollo en variedades Estándar.

**Tabla 11**

*Funciones Log logísticas entre el índice plastocrónico y acumulación de grados día desarrollo en variedades Estándar*

		<b>Modelo Log logístico (4 Parámetros)</b>	
<b>Variedad</b>		$f(x) = c + \frac{d - c}{1 + \exp(b(\log(x) - \log(e)))}$	
<b>Estándar</b>	White Albatros	$EF = 9.75 + \frac{48.56 - 9.75}{1 + \exp(-2.52(\log(GDD) - \log(649.98)))}$	
	Yellow Albatros	$EF = 9.73 + \frac{51.29 - 9.73}{1 + \exp(-2.09(\log(GDD) - \log(683.36)))}$	
	Resome	$EF = 6.11 + \frac{39.22 - 6.11}{1 + \exp(-2.25(\log(GDD) - \log(690.29)))}$	

#### 4.2.3 Diámetro de botón y acumulación de grados día desarrollo.

La temperatura tiene efectos en la iniciación y desarrollo floral. Según (Nozaki & Fukai, 2008), el diámetro de las inflorescencias depende de los genotipos pero también influyen las temperaturas altas. Los parámetros que pueden verse afectados son el tamaño de inflorescencia, el largo de pétalo y la pigmentación.

Los valores promedio obtenidos del diámetro de botón en cada estado fenológico se especifican en la Tabla 12.

**Tabla 12**

*Diámetro de botón y grados día desarrollo acumulados en la fenología de siete variedades de Chrysanthemum sp.*

	Botón Arveja		Botón Garbanzo		Mostrando Color		Cosecha	
	Diámetro (cm)	GDD	Diámetro (cm)	GDD	Diámetro (cm)	GDD	Diámetro (cm)	GDD
<b>White Albatros</b>	0.79 a	1033.55 a	1.07 ab	1096.72 b	1.87 ab	1287.80 a	9.21 b	1542.90 a
<b>Yellow Albatros</b>	0.78 a	997.17 b	1.13 a	1096.72 b	2.05 a	1266.35 a	9.14 b	1542.90 a
<b>Resome</b>	0.76 a	840.63 c	0.99 bc	1149.67 a	1.59 c	1291.73 a	8.43 b	1542.90 a
<b>Sunny Anastasia</b>	0.71 ab	810.82 d	1.07 ab	923.00d	1.76 bc	1085.75 c	11.93 a	1277.30 d
<b>Green Anastasia</b>	0.66 bc	840.63 c	0.91 c	988.58 c	1.85 b	1141.43 b	8.51 b	1413.46 b
<b>Lila Anastasia</b>	0.65 bc	840.63 c	0.99 bc	955.63 cd	1.93 ab	1104.83 c	9.01 b	1318.86 cd
<b>White Anastasia</b>	0.61 c	827.07 cd	0.90 c	946.77 cd	1.76 bc	1118.60 bc	11.33 a	1333.17 c
<b>HSD</b>	0.083	29.02	0.14	43.75	0.19	36.36	1.46	52.06
<b>CV</b>	5.09	1.38	5.83	1.86	4.44	1.335	6.58	1.58

Medias con una letra en común no son significativamente diferentes (HSD Tukey  $p < 0.05$ ). GDD= Grados día desarrollo

En las variedades anastasia, el diámetro de botón en estado de botón arveja midió entre 0.71 y 0.79 cm, este desarrollo se observó entre los 41 y 44 días después del trasplante, acumulando entre 810.82 y 840.63 °D. En las variedades estándares el diámetro del botón se mantuvo entre 0.61 y 0.66 cm, este tamaño se observó a los 52 y 57 días al acumular entre 997.17 y 1058.05 °D.

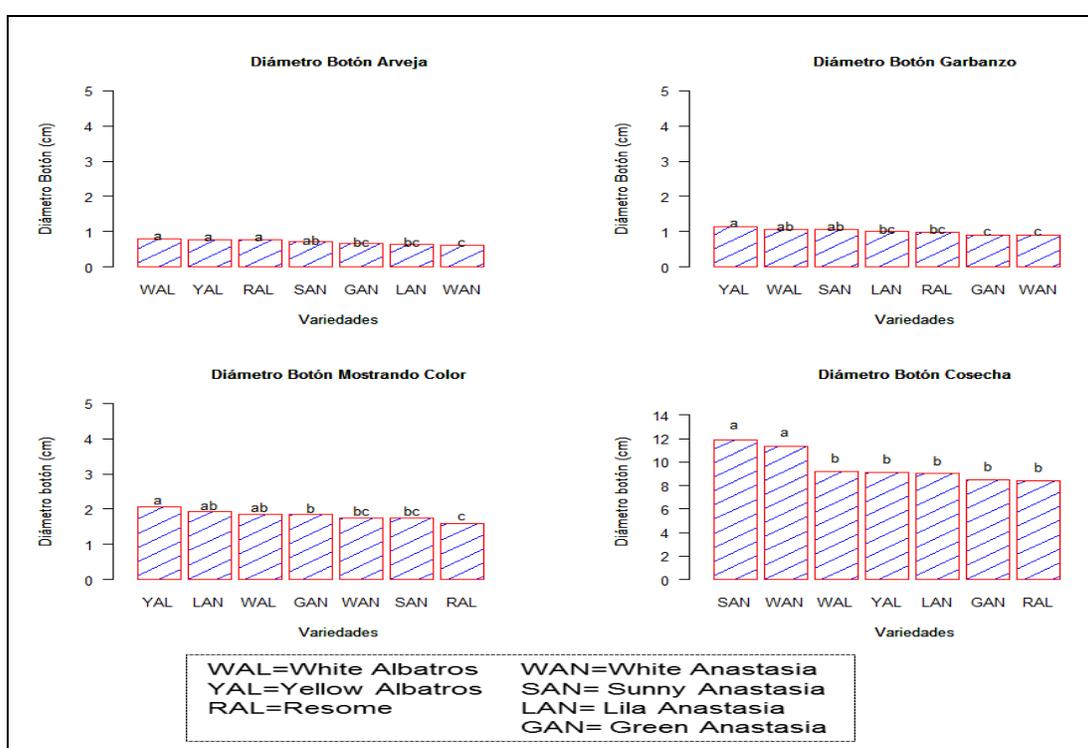
En las variedades anastacias, el estadio de botón garbanzo se observó entre 55 y 59 días después del trasplante, el diámetro obtuvo valores entre 0.99 y 1.13 cm cuando se recopilan entre 923 y 988.58 °D. Este estado fenológico se presentó días más tarde en estándares, entre 66 y 70 días, el diámetro varió entre 0.90 y 0.99 cm y las plantas aglomeraron alrededor de 1096.72 y 1149.67 °D.

En anastacias, la etapa de mostrando color se presentó a partir de los 66 y 69 días y el diámetro de botón alcanzó un tamaño entre 1.85 y 2.05 cm. Hasta este periodo las plantas acumularon entre 1085.75 y 1141.43 °D. En los estándares, el diámetro varía entre 1.59 y 1.76 cm al acumular 1266.35 y 1291.73 °D.

En la cosecha, las variedades anastacias presentaron un botón con mayor diámetro que fluctuó entre 9.14 y 11.93 cm. Esta condición se observó entre el día 78 y 88, acumulando entre 1277.30 y 1413.46 °D. En el grupo de Estándares, el diámetro del botón demostró valores entre 8.43 y 9.01 °D al acumular 1542.90 °D.

(Carvalho, 2014), indica que la apertura completa del capítulo de crisantemo (*Dendranthema grandiflorum*) se presentó al acumularse entre 1774 a 1995.7 °D y el diámetro varió de 9.52 a 11.03 cm, esta autora también reconoció una etapa fenológica poscosecha en la cual se da la pérdida de turgencia de las lígulas al acumular entre 1995,7 a 2079.4 °D; al iniciar la senescencia, el diámetro se reduce, variando de 110.3 a 106.4 mm.

Los resultados de la prueba de comparación de medias reflejaron tres categorías para el diámetro de botón en el estado arveja, garbanzo y mostrando color, mientras que para la cosecha se presentaron solamente dos categorías, explicando que el diámetro final de las variedades Sunny y White Anastasia presentaron los diámetros mayores y estadísticamente fueron diferentes al resto de variedades en estudio. La variedad Resome presentó el menor diámetro de botón (Figura 30).



**Figura 30** Comparación de medias para el diámetro de botón en la fenología de siete variedades de *Chrysanthemum sp.*

Los resultados de las tablas Anova y pruebas de Tukey del diámetro de botón se especifican en el Anexo 8.

### **4.3 Variables meteorológicas y acumulación de grados día desarrollo.**

#### **4.3.1 Luz diaria integrada y acumulación de grados día desarrollo**

La luz diaria integrada (DLI) se registró con la finalidad de conocer la exigencia de luz para cada etapa fenológica en siete variedades de *Chrysanthemum sp.*

Según (Van Der Ploeg & Heuvelink, 2006), la irradiación también influye en el tiempo de floración, ya que, al aumentar la radiación aumenta la temperatura de las hojas y de las flores de crisantemo. Según (Soares, y otros, 2017), el fotoperiodo tiene un efecto en la floración de las especies. En *Conyza bonariensis*, el desarrollo de la planta y la aparición de brotes y flores fue claramente más rápida con un aumento en el fotoperiodo, igual o superior a 12 horas de luz solar.

Al igual que los resultados obtenidos en la acumulación de grados día, la luz diaria integrada también muestra exigencias propias por grupo, siendo las variedades estándares las que requirieron acumular mayor cantidad de luz para cambiar de estado fenológico y las variedades anastasias necesitaron menor acumulación. Cabe recalcar, que esto se debe a que las variedades estándares fueron tardías y las anastasias precoces (Tabla 13).

La luz diaria integrada promedio requerida para cambiar a botón arroz se observan en la tabla 8. En anastasias, el botón arroz se visualizó cuando las plantas acumularon entre 1316.10 y 1399.65 moles de luz, en el grupo de estándares el requerimiento varió entre 1686.38 y 1831.52 moles de luz.

**Tabla 13**

*Luz diaria integrada acumulada (mol.m<sup>-2</sup>) en la fenología de siete variedades de Chrysanthemum sp.*

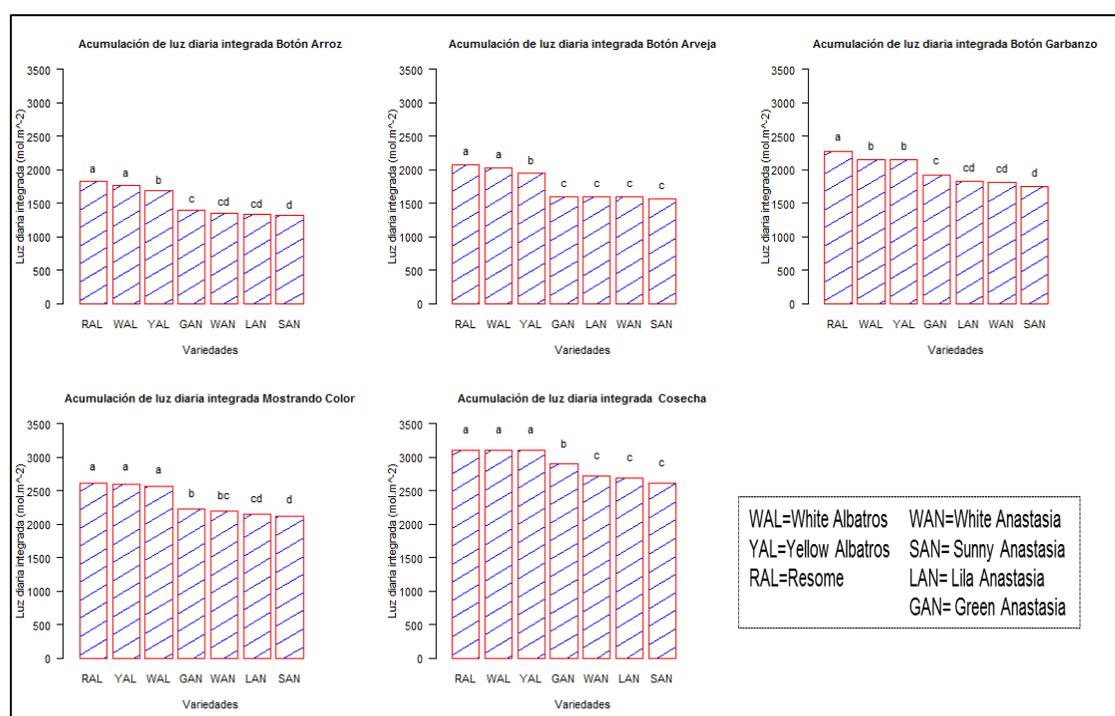
	<b>Variedades</b>	<b>Botón arroz</b>	<b>Botón arveja</b>	<b>Botón garbanzo</b>	<b>Mostrando Color</b>	<b>Cosecha</b>
<b>Estándares</b>	Resome	1831.52 a	2073.03 a	2273.99 a	2609.90 a	3108.01 a
	White Albatros	1773.44 a	2030.28 a	2148.39 b	2602.04 a	3108.01 a
	Yellow Albatros	1686.38 b	1950.53 b	2148.39 b	2564.48 a	3108.01 a
<b>Anastacias</b>	Green Anastasia	1399.65 c	1605.41 c	1923.95 c	2223.04 b	2905.82 b
	White Anastasia	1357.87 cd	1594.93 c	1831.52 cd	2198.15 bc	2729.26 c
	Lila Anastasia	1336.98 cd	1605.41 c	1812.16 cd	2148.39 cd	2695.02 c
	Sunny Anastasia	1316.10 d	1573.97 c	1754.09 d	2123.51 d	2617.76 c
	HSD	75.78	52.88	112.73	74.31	118.39
	CV	2.156	1.29	2.47	1.37	1.77

Medias con una letra en común no son significativamente diferentes (HSD Tukey  $p < 0.05$ )

Mediante prueba de Tukey ( $p < 0.05$ ) se obtuvieron dos categorías para Estándares y dos categorías para Anastacias. En el grupo de Estándares la variedad Yellow Albatros mostró un requerimiento estadísticamente diferente en relación a White Albatros y Resome. En Anastacias, el requerimiento de DLI entre las variedades Green y Sunny Anastasia fue significativamente diferente (Figura 31).

La demanda de luz para el botón arveja en las variedades Anastacias osciló entre 1573.97 y 1605.41 moles de luz y para los Estándares fueron entre 1950.53 y 2073.03 moles de luz (Tabla 13). La prueba de comparación de medias indicó que en el grupo de anastacias no existieron diferencias significativas mientras que en el grupo de estándares los resultados fueron los mismos que en el estado botón arroz (Figura 31).

En Anastasias, la luz diaria integrada promedio requerida para cambiar a botón garbanzo osciló entre 1754.09 y 1923.95 moles de luz, en los Estándares la exigencia fue entre 2148.39 y 2273.99 moles de luz (Tabla 13). La prueba de Tukey para el grupo de Estándares, señaló que la variedad Resome tuvo una exigencia de luz estadísticamente diferente a White y Yellow Albatros. Los resultados de la prueba de comparación de medias para el grupo de Anastasias fueron iguales que en el estado de botón arroz (Figura 31).



**Figura 31** Comparación de medias para la acumulación de luz diaria integrada en la fenología de siete variedades de *Chrysanthemum sp.*

El estado Mostrando Color fue observado en las Anastasias cuando se acumuló entre 2123.51 y 2223.04 moles de luz mientras que en los Estándares se visualizó a los 2564.48 y 2609.9 moles de luz (Tabla 13). No existieron diferencias significativas del valor de luz acumulado en las

variedades Estándares mientras que en las variedades Anastasias el resultado fue el mismo que en el anterior estado (Figura 31).

La cosecha en las variedades Anastasias se realizó cuando las plantas acumularon entre 2617.76 y 2905.82 moles de luz y en las variedades Estándares cuando alcanzaron 3108.01 moles de luz. Los resultados de la prueba de Tukey indicaron que no hubo diferencias significativas entre las variedades Estándares, mientras que en el grupo de Anastasias, únicamente la demanda de la variedad Green Anastasia fue estadísticamente diferente.

Los resultados de las tablas Anova y pruebas de Tukey de la acumulación diaria de luz especifican en el Anexo 9.

#### 4.3.2 Humedad relativa y acumulación de grados día desarrollo

En la Tabla 14, se observan los valores promedios obtenidos del porcentaje de humedad relativa acumulado.

**Tabla 14**  
*Humedad relativa acumulada (%HR) en la fenología de siete variedades de Chrysanthemum sp.*

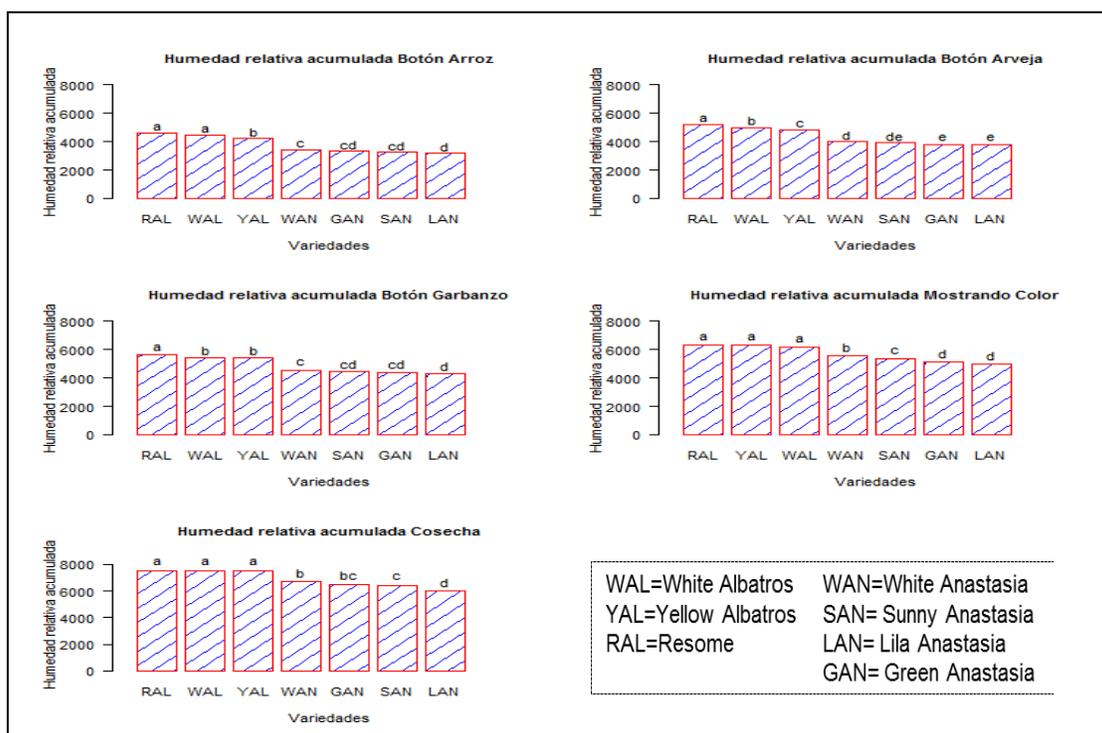
	<b>Variedades</b>	<b>Botón arroz</b>	<b>Botón arveja</b>	<b>Botón garbanzo</b>	<b>Mostrando Color</b>	<b>Cosecha</b>
<b>Estándares</b>	Resome	4607.53 a	5184.81a	5677.64 a	6325.08 a	7482.30 a
	White Albatros	4488.34 a	5012.31 b	5416.64 b	6304.93 a	7482.30 a
	Yellow Albatros	4264.97 b	4827.17 c	5416.64 b	6204.12 a	7482.30 a
<b>Anastasia</b>	White Anastasia	3423.62 c	3996.12d	4565.99 c	5549.10 b	6676.56 b
	Sunny Anastasia	3299.14 cd	3908.54 de	4446.60 cd	5356.00 c	6453.62 bc
	Green Anastasia	3375.82 cd	3800.45 e	4418.06 cd	5126.16 d	6392.24 c
	Lila Anastasia	3214.51 d	3800.45 e	4282.73 d	4967.92 d	5965.94 d
	HSD	201.01	151.91	212.16	182.1421	260.923
	CV	2.30	1.52	1.89	1.39	1.65

Medias con una letra en común no son significativamente diferentes (HSD Tukey  $p < 0.05$ ).

Los resultados de la humedad relativa también mostraron congruencia con los obtenidos en la acumulación de grados día desarrollo y luz diaria integrada, es decir, que las variedades Anastasias acumularon menor cantidad de humedad relativa en comparación a las variedades Estándares que requirieron una mayor cantidad de humedad relativa para cambiar de estado fenológico.

En el estado de botón arroz, en las variedades Anastasias el porcentaje de humedad relativa acumulada osciló entre 3214.51 y 3423.62 %; en las variedades estándares este valor fue entre 4264.97 y 4607.53 %. La prueba de Tukey señaló 4 categorías.

En la Figura 32, se indican los resultados obtenidos de la prueba de comparación de medias Tukey ( $p < 0.05\%$ ).



**Figura 32** Comparación de medias para la acumulación de humedad relativa en la fenología de siete variedades de *Chrysanthemum sp.*

En las variedades Anastasias, el porcentaje de humedad relativa en el botón arveja demostró valores entre 1573.97 y 1605.41 % mientras que en los Estándares los valores fueron entre 1950.53 y 2073.03 %. Los resultados indicaron cinco categorías con diferencias estadísticas significativas. En el estado botón garbanzo, las variedades Anastasias alcanzaron acumular entre 1754.09 y 1923.95 % de humedad relativa mientras que en los Estándares los valores oscilan entre 2148.39 y 2273.99.

En Anastasias, al llegar al estado mostrando color las plantas acumularon entre 2123.51 y 2223.04 % de humedad relativa mientras que las variedades Estándares requirieron entre 2564.48 y 2609.90 % de humedad. En el grupo de Anastasias, los valores de la humedad relativa a la cosecha los valores fueron entre 2617.76 y 2905.82 mientras que en los Estándares el valor fue de 3108.01 %.

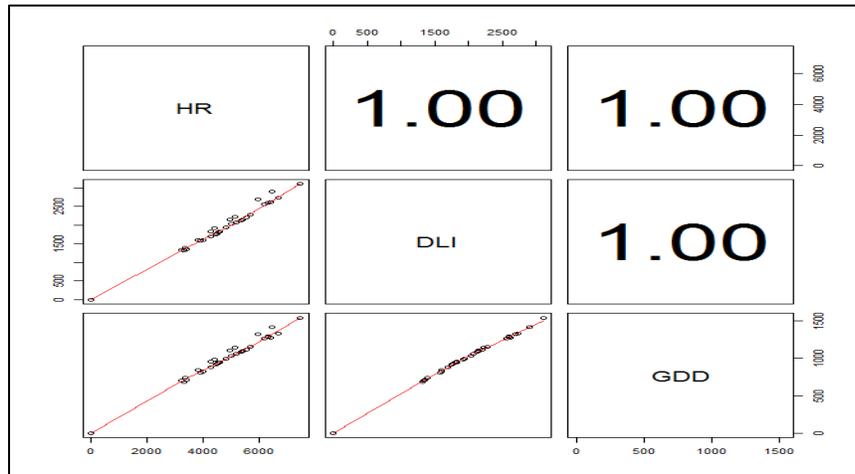
La prueba de Tukey indicó que no existieron diferencias estadísticamente significativas en el grupo de Estándares mientras que en el grupo de Anastasias el porcentaje de humedad relativa de la variedad Green anastasia mostró diferencias estadísticamente significativas en relación a las demás variedades de Anastasias.

Los resultados de las tablas Anova y pruebas de Tukey de la Humedad Relativa se especifican en el Anexo 10.

#### **4.3.3 Correlación de la integral de luz diaria, humedad relativa y acumulación de grados día desarrollo**

El análisis de Pearson se realizó con la finalidad de comparar la relación entre las variables meteorológicas. Los resultados indicaron que la correlación entre grados día desarrollo, luz diaria integrada y humedad relativa fue uno (Figura 33), es decir mostraron una relación directa, esto

implica que cuando el valor de alguna variable aumenta las demás lo hacen en proporción constante.



**Figura 33** Matriz de dispersión con correlaciones entre Grados Día Desarrollo, Luz diaria integrada y Humedad relativa

## CAPÍTULO V

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 5.1 Conclusiones

- Se determinó que las variedades Anastasia fueron tempranas, ya que para alcanzar la madurez fisiológica requirieron 1277.30 °D acumulados en 78.5 días en promedio, mientras que las variedades Estándares fueron tardías y necesitaron acumular 1542.90°D en 93 días promedio para ser cosechadas.
- Los modelos log logísticos de cuatro parámetros 
$$\text{Estado fenológico} = c + \frac{d-c}{1+\exp(b(\log(x)-\log(e)))}$$
 fueron apropiados para determinar los estados fenológicos en función de la acumulación de grados día desarrollo, los cuales al ser comparados con los datos obtenidos en campo presentaron altos coeficientes de correlación ( $R>0.99$ ).
- La longitud del tallo y el índice plastocrónico pueden ser estimados en función de la acumulación de grados día desarrollo, empleando un modelo log logístico de cuatro parámetros..
- La curva de crecimiento de la longitud del tallo fue sigmoidea, el crecimiento se detuvo a los 63 días en Anastasias y 70 días en Estándares al acumularse 1060.20°D y 1164.40 °D, respectivamente. La curva de crecimiento del índice plastocrónico presentó una tendencia lineal y el desarrollo de hojas se detuvo a los 49 días en Anastasias y 63 días en Estándares al acumular 835.30°D y 1058.05°D, respectivamente.

- La correlación de Pearson entre grados día desarrollo, luz diaria integrada y humedad relativa indicó una relación positiva directa ( $R=1$ ).
- Los resultados fueron difundidos a los técnicos de la florícola Florisol.

## 5.2 Recomendaciones

- Utilizar los modelos matemáticos obtenidos en esta investigación para estimar la cosecha en forma precisa, en épocas de mayor demanda en el mercado internacional.
- Los resultados obtenidos sobre el índice plastocrónico, longitud del tallo y diámetro de botón pueden ser utilizados como herramientas para mejorar la calidad de la flor, ya que son parámetros que permiten conocer el estado de crecimiento y desarrollo de las plantas.
- Implementar la metodología de grados día desarrollo conjuntamente en crisantemo y *Lyriomyza sp.*, plaga principal del cultivo, con la finalidad de relacionar los requerimientos térmicos y pronosticar puntos de riesgo que mejoren el control de la plaga.

### 5.3 Bibliografía

Agüero, S., Ojeda, E., Giraldez, A., Galleguillo, N., & Barbieri, G. (2011). *Acumulación de grados-día entre siembra y cosecha y rendimiento granífero obtenido, en cereales invernales*. Obtenido de <http://www.faz.unt.edu.ar/images/stories/pdfs/pva/1145.pdf>

Andrade, M. (2009). *Análise e modelagem do crescimento de crisantemo e calandiva em vaso em função de gradus días de desenvolvimento*. Obtenido de <http://repositorio.ufla.br/bitstream/1/1507/1/TESE%20An%C3%A1lise%20e%20modelagem%20do%20crescimento%20de%20cris%C3%A2ntemo%20e%20calandiva%20em%20vaso%20em%20fun%C3%A7%C3%A3o%20de%20graus%20d%C3%ADas%20de%20desenvolvimento.pdf>

Azcón , J., & Talón, M. (2013). *Fundamentos de Fisiología Vegetal*. Barcelona, España: McGraw-Hill Interamericana de España, S.L.

Banco Central del Ecuador. (2018). *Información Estadística Mensual No.1991 - Enero 2018*. Obtenido de <https://contenido.bce.fin.ec/home1/estadisticas/bolmensual/IEMensual.jsp>

Bidwell, R. (1993). *Fisiología vegetal*. México: AGT Editor S.A.

Burström, H. (2012). *Growth and Growth Substances / Wachstum und Wuchsstoffe*. Obtenido de <https://books.google.es/books?id=V3TqCAAQBAJ&pg=PA86&dq=Plastochron+index&hl=es&sa=X&ved=0ahUKEwi0idTXsODTAhWKOCYKHYYOcBpEQ6AEIODAD#v=onepage&q=Plastochron%20index&f=false>

Campbell, N., & Reece, J. (2007). *Biología: Estructura, crecimiento y desarrollo de las plantas*. Obtenido de

[https://books.google.com.ec/books?id=QcU0yde9PtkC&pg=PA712&dq=crecimiento+y+desarrollo++en+plantas&hl=es&sa=X&redir\\_esc=y#v=onepage&q=crecimiento%20y%20desarrollo%20%20en%20plantas&f=false](https://books.google.com.ec/books?id=QcU0yde9PtkC&pg=PA712&dq=crecimiento+y+desarrollo++en+plantas&hl=es&sa=X&redir_esc=y#v=onepage&q=crecimiento%20y%20desarrollo%20%20en%20plantas&f=false)

Carvalho, M. (2014). *Crecimiento e comportamento fisiológico de crisântemo em função de graus-dia de desenvolvimento*. Obtenido de [http://repositorio.ufla.br/bitstream/1/2062/1/TESE\\_Crecimiento%20e%20comportamento%20fisiol%C3%B3gico%20de%20cris%C3%A2ntemo%20em%20fun%C3%A7%C3%A3o%20de%20graus-dia%20de%20desenvolvimento.pdf](http://repositorio.ufla.br/bitstream/1/2062/1/TESE_Crecimiento%20e%20comportamento%20fisiol%C3%B3gico%20de%20cris%C3%A2ntemo%20em%20fun%C3%A7%C3%A3o%20de%20graus-dia%20de%20desenvolvimento.pdf)

Centro de Investigación y Transferencia en Riego y Agro climatología. (2009). *Importancia del Uso de registros Agroclimáticos Grados día*. Obtenido de [http://www.sepor.cl/informacion\\_cartillas/S203\\_Cartilla\\_Registros\\_agroclimaticos\\_grad\\_dia.pdf](http://www.sepor.cl/informacion_cartillas/S203_Cartilla_Registros_agroclimaticos_grad_dia.pdf)

Cerezo, J. (2015). *1ª Parte Floricultura*. Obtenido de <https://georgiusm.files.wordpress.com/2015/03/examen-1c2aa-parte.pdf>

Cessaraccio, C., Spano, D., Duce, P., & Snyder, R. (2001). An improved model for determining degree-day values from daily temperature data. *International Journal of Biometeorology*, 45, 161-169.

Chávez, N., & Gutierrez, M. (2017). Respuestas al estrés por calor en los cultivos. I. Aspectos moleculares, bioquímicos y fisiológicos. *Revista Agronómica Mesoamericana.*, 28(1), 237-253.

Comisión Económica para América Latina y el Caribe. (2012). *La economía del cambio climático en el Ecuador 2012*. Obtenido de

[http://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/35455/S2013300\\_es.pdf;jsessionid=B031D9](http://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/35455/S2013300_es.pdf;jsessionid=B031D9)

De la Rosa, M. (2013). *Identificación de estados fenológicos y determinación de unidades calor en el cultivo de rosa (Rosa x híbrida) en la región florícola del estado de México.*

Obtenido de <http://ri.uaemex.mx/bitstream/handle/20.500.11799/40670/Tesis.pdf?sequence=1>

El Telégrafo. (2 de Noviembre de 2017). *El sector florícola no se recupera desde 2014.* Obtenido de <https://www.letelegrafo.com.ec/noticias/economia/1/el-sector-floricola-no-se-recupera-desde-2014>

Expoflores. (2017). *Informe primer trimestre 2017.* Obtenido de <http://expoflores.com/wp-content/uploads/2017/06/INFORMETRIMESTRAL1.pdf>

Fernández, F. (1982). *Etapas de desarrollo de la planta de frijol común: guía de estudio.* Obtenido de [https://books.google.com.ec/books?id=A2SJrDr0kqIC&pg=PA6&dq=crecimiento+y+desarrollo++en+plantas&hl=es&sa=X&redir\\_esc=y#v=onepage&q=crecimiento%20y%20desarrollo%20en%20plantas&f=false](https://books.google.com.ec/books?id=A2SJrDr0kqIC&pg=PA6&dq=crecimiento+y+desarrollo++en+plantas&hl=es&sa=X&redir_esc=y#v=onepage&q=crecimiento%20y%20desarrollo%20en%20plantas&f=false)

Fides. (1990). *Fides Mum Manual for all year round Chrysanthemums.* Holanda: Fides Holland BV.

Florisol. (2017). Fenología Crisantemo. (D. Villares, Entrevistador)

Franch, B., Vermote, E., Becker, I., Claverie, M., Huang, J., Zhang, J., & Sobrino, J. (2015). Improving the timeliness of winter wheat production forecast in the United States of

- America, Ukraine and China using MODIS data and NCAR Growing Degree Day information. *Remote Sensing of Environment*, 161, 131-148.
- Gobierno Autónomo Descentralizado de la Parroquia de Chavezpamba. (2015). *Plan de Desarrollo y Ordenamiento territorial de la Parroquia de Chavezpamba Año 2015*.  
Obtenido de [http://app.sni.gob.ec/sni-link/sni/PORTAL\\_SNI/data\\_sigad\\_plus/sigadplusdocumentofinal/1768112180001\\_04%20CHAVEZPAMBA\\_19-10-2015\\_19-21-10.pdf](http://app.sni.gob.ec/sni-link/sni/PORTAL_SNI/data_sigad_plus/sigadplusdocumentofinal/1768112180001_04%20CHAVEZPAMBA_19-10-2015_19-21-10.pdf)
- González, E., Ayala, Ó., Carrillo, A., Gabino, G., Yáñez, M., & Juárez, J. (2011). Estudio del desarrollo, calidad de flor y dosis de fertilización en gladiolo (*Gladiolus grandiflorus* Hort.). *Revista Fitotécnica Mexicana*, 277-283.
- González, G., & Flores, M. (2010). *Evaluación de Chrysanthemum spp. tipo margarita cultivar "Shasta" y "Fire island" desarrollados en diferentes concentraciones de humus de lombriz en maceta*. Obtenido de <http://ri.uaemex.mx/bitstream/handle/20.500.11799/14162/24005263.pdf?sequence=1>
- Holen, C., & Dexter, A. (1996). A growing degree day equation for early sugarbeet leaf stages. *Sugarbeet Research and Extension Reports*, 27, 152-157.
- Hoyos, D., Morales, J., Chavarría, H., Montoya, A., Correa, G., & Jaramillo, S. (2012). Acumulación de Grados-Día en un Cultivo de Pepino (*Cucumis sativus* L.) en un Modelo de Producción Aeropónico. *Revista Facultad Nacional de Agronomía Medellín*, 65(1), 6389-6398.

- Infante, P. (2010). *Determinación y efecto del tiempo térmico sobre el comportamiento fisiológico de la remolacha azucarera (Beta vulgaris) en la región del alto Chicamocha*. Obtenido de <http://www.bdigital.unal.edu.co/8748/1/790668.2010.pdf>.
- Infoagro. (2014). *El cultivo del crisantemo. Segunda parte*. Obtenido de <http://www.infoagro.com/flores/flores/crisantemo2.htm>
- Inifap. (2010). *Reporte agrometeorológico Agosto de 2010*. Obtenido de <http://www.zacatecas.inifap.gob.mx/folleto/Folleto-2010-08.pdf>
- Instituto Nacional de Estadísticas y Censos. (2016). *Encuesta de Superficie y Producción Agropecuaria Continua*. Obtenido de [http://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Estadisticas\\_agropecuarias/espac/espac-2016/Presentacion%20ESPAC%202016.pdf](http://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Estadisticas_agropecuarias/espac/espac-2016/Presentacion%20ESPAC%202016.pdf)
- Jaramillo, R. (2010). *Cambio climático y agricultura: perspectivas en la producción en cantidad y calidad de alimentos*. Obtenido de <http://www.secsuelo.org/wp-content/uploads/2015/06/1.-Raul-Jaramillo.-Cambio-climatico-y-agricultura.-IPNI-Ecuador.pdf>
- Könemann. (2006). *Botánica, Guía ilustrada de plantas. Más de 10 000 especies de la A a la Z y como cultivarlas*. Barcelona, España: LocTeam, S.L.
- Leao, P., Gonçalves, D., & Costa, J. (2017). Phenological and thermal requirements of table grape cultivars grown in tropical zones of Brazil. *Acta Horticulturae*, 1157, 203-208.
- Lescano, F. (2016). *Determinación de grados días desarrollo en el cultivo de chocho (Lupinus mutabilis)*. Obtenido de <http://repositorio.utc.edu.ec/handle/27000/3589>

- Loera, E. (2013). *Diversidad de trips en crisantemo *Dendranthema grandiflorum*, en Texcoco, Estado de México*. Obtenido de [http://www.biblio.colpos.mx:8080/xmlui/bitstream/10521/2065/1/Loera\\_Alvarado\\_E\\_DC\\_Entomologia\\_Acarologia\\_2013.pdf](http://www.biblio.colpos.mx:8080/xmlui/bitstream/10521/2065/1/Loera_Alvarado_E_DC_Entomologia_Acarologia_2013.pdf)
- López, M., Chaves, B., Flórez, V., & Salazar, M. (2010). Modelo de aparición de nudos en clavel (*Dianthus caryophyllus* L.) cv. Delphi cultivado en sustratos. *Agronomía Colombiana*, 28(1), 47-54.
- López, R., & Runkle, E. (2008). Photosynthetic Daily Light Integral during Propagation Influences Rooting and Growth of Cuttings and Subsequent Development of New Guinea Impatiens and Petunia. *HortScience*, 43(7), 2052-2059.
- Maksymowych, R. (1973). *Analysis of Leaf Development*. Obtenido de <https://books.google.es/books?id=ZMs7AAAAIAAJ&pg=PA3&dq=Plastochron+index&hl=es&sa=X&ved=0ahUKEwi0idTXsODTAhWKOCYKHYOcBpEQ6AEIJTAA#v=onepage&q=Plastochron%20index&f=false>
- Menzel, A. (2002). Phenology: Its importance to the global change community: An editorial comment. *Climatic Change*, 54(4), 379-385.
- Mixtega, R. (2007). *Diagnóstico nutrimental y medidas correctivas de clavel y crisantemo en el distrito de desarrollo rural Coatepec Harinas, Estado de México*. Obtenido de <http://suelos.chapingo.mx/tesis/tesis/240.pdf>
- Noriega, L., Preciado, R., Andrio, E., Terrón, A., & Covarrubias, J. (2011). Fenología, crecimiento y sincronización floral de los progenitores el híbrido de maíz H-374C. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 489-500.

- Nothnagl, M., Kosiba, A., & Larsen, R. (2004). Predicting the effect of irradiance and temperature on the flower diameter of greenhouse grown Chrysanthemum. *Scientia Horticulturae*, 99, 319-329.
- Nozaki, K., & Fukai, S. (2008). Effects of high temperature on floral development and flowering in spray Chrysanthemum. *Journal of Applied Horticulture*, 10(1), 8-14.
- Nunes, N., Castro, C., & Leite, A. (2016). Phenology, reproductive biology and growing degree days of the grapevine 'Isabel' (*Vitis labrusca*, Vitaceae) cultivated in northeastern Brazil. *Brazilian Journal of Biology*, 76(4), 978-982.
- Ortega, S., Flores, L., & León, L. (2002). Elaboración de una tabla predictiva de diámetro de manzanas cv. Granny Smith usando los grados días acumulados. *Agricultura Técnica*, 62(4), 624-632.
- Parker, R. (2000). *La Ciencia de las Plantas*. Madrid, España: Paraninfo.
- Pearson, S., Hadley, P., & Wheldon, A. (1995). model of the effect of day and night temperatures on the height of chrysanthemums. *Acta Horticulturae*, 378(9), 71-80.
- Pro Ecuador. (2013). *Análisis Sectorial de Flores*. Obtenido de <http://www.proecuador.gob.ec/pubs/analisis-sector-flores-2013/>
- Pro Ecuador. (2015). *Análisis Sectorial de Flores de Verano*. Obtenido de <http://www.proecuador.gob.ec/pubs/analisis-sector-flores-de-verano-2015/>
- PRO ECUADOR. (5 de Septiembre de 2016). *PRO ECUADOR*. Obtenido de <http://www.proecuador.gob.ec/pubs/summer-flowers-sector-analysis/>

Pro Ecuador. (2017). *Evolución de las exportaciones no petroleras de sectores por subpartida.*

Obtenido de <http://www.proecuador.gob.ec/exportadores/publicaciones/estadisticas-por-sector/>.

Pro Ecuador. (2018). *Resumen de exportaciones no petroleras por sectores.* Obtenido de

<https://www.proecuador.gob.ec/exportadores/publicaciones/monitoreo-de-exportaciones/>

Puñuelas, J., & Filella, I. (2001). Responses to a Warming World. *Science*, 294, 793-795.

Purdue University. (2012). *Producción comercial de cultivos bajo invernadero y vivero.*

Obtenido de <https://www.extension.purdue.edu/extmedia/ho/ho-238-sw.pdf>

Richardson, A., Keenan, T., Migliavacca, M., Ryu, Y., Sonnentag, O., & Toomey, M. (2013).

Climate change, phenology, and phenological control of vegetation feedbacks to the climate system. *Agricultural and Forest Meteorology*, 169, 156-173.

Rimache, M. (2011). *Floricultura, cultivo y comercialización.* Bogotá, Colombia: Ediciones de la

U.

Rodríguez, W., & Flórez, V. (2006). Comportamiento fenológico de tres variedades de rosas

rosas en función de la acumulación de la temperatura. *Agronomía Colombiana*, 24(2), 247-257.

Salisbury, F., & Ross, C. (2000). *Fisiología de las Plantas.* Madrid, España: Paraninfo.

Shivana, K., & Tandon, R. (2014). *Reproductive Ecology of Flowering Plants: A Manual.*

Obtenido de

[https://books.google.com.ec/books?id=sTBnBAAAQBAJ&pg=PA19&dq=plants+phenology&hl=es&sa=X&redir\\_esc=y#v=onepage&q=plants%20phenology&f=false](https://books.google.com.ec/books?id=sTBnBAAAQBAJ&pg=PA19&dq=plants+phenology&hl=es&sa=X&redir_esc=y#v=onepage&q=plants%20phenology&f=false)

de

- Snyder, R., Spano, D., Cesaraccio, C., & Duce, P. (1999). Determining degree-day thresholds from field observations. *International Journal of Biometeorology*, 42, 177-182.
- Soares, D., Salles, W., Lorençato, E., Pinto, S., López, R., & Chistoffoleti, P. (2017). Growth and development of *Conyza bonariensis* based on days or thermal units. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 52(1), 45-53.
- Taiz, L., & Zeiger, E. (2010). *Plant Physiology*. Massachusetts, Estados Unidos: Sinauer Associates Inc, Publishehers.
- Takeda, S., Arakawa, K., & Kawai, T. (2017). Morphological Changes in the Shoot Apex Predicts Anthesis Time in *Chrysanthemum morifolium*. *The Horticulture Journal*, 86(1), 113-120.
- Univesidad de California. (2016). *How to manage pests Degree-Days*. Obtenido de <http://ipm.ucanr.edu/WEATHER/index.html>
- Valdez, B., Soto, F., Osuna , T., & Báez, A. (2012). Phenological prediction models for white corn (*Zea mays* L.) and fall armyworm (*Spodoptera frugiperda* J.E. Smith). *Agrociencia*, 46, 399-410.
- Van Der Ploeg, A., & Heuvelink, E. (2006). The influence of temperature on growth and development of chrysanthemum cultivars. *The Journal of Horticultural Science and Biotechnology*, 81(2), 174-182.
- Villaseca, S., Novoa, R., & Muñoz, I. (1986). Fenología y sumas de temperatura en 24 variedades de vid. *Agricultura técnica Chile*, 46(1), 63-67.

Yzarra, W., Trebejo, I., & Noriega, V. (2009). Evaluación de unidades térmicas para el crecimiento y desarrollo del cultivo de maíz amarillo duro (*Zea mays*, L.) en la costa central del Perú. *Revista Peruana Geo-atmosférica*, 1-10.

Zapata, D., Salazar, M., Chaves, B., Keller, M., & Hoogenboom, G. (2017). Predicting Key Phenological Stages for 17 Grapevine Cultivars (*Vitis vinifera* L.). *American Journal of Enology and Viticulture*, 68(1), 60-72.