



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

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

**CARRERA DE INGENIERÍA AGROPECUARIA
IASA I**

**PROYECTO DE TITULACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO
DE INGENIERO AGROPECUARIO**

**AUTORES: CAÑIZARES CRUZ, MARÍA JOSÉ
LEIVA GONZÁLEZ, DIEGO JAVIER**

**TEMA: DETERMINACIÓN Y APLICACIÓN DEL MÉTODO DE GRADOS
DÍA DESARROLLO (GDD) EN OCHO ESTADOS FENOLÓGICOS DE
TRES VARIEDADES DE *Rosa sp.* EN TRES LOCALIDADES**

**DIRECTOR: ING. M.Sc. SORIA, NORMAN
CODIRECTOR: ING. M.Sc. URBANO, ELIZABETH**

SANGOLQUÍ, ABRIL 2014

CERTIFICACIÓN

Ing. Norman Soria

Ing. Elizabeth Urbano

Certifican:

Que el trabajo titulado DETERMINACIÓN Y APLICACIÓN DEL MÉTODO DE GRADOS DÍA DESARROLLO (GDD) EN OCHO ESTADOS FENOLÓGICOS DE TRES VARIEDADES DE *Rosa sp.* EN TRES LOCALIDADES, realizado por CAÑIZARES CRUZ MARÍA JOSÉ y LEIVA GONZÁLEZ DIEGO JAVIER, ha sido guiado y revisado periódicamente y cumple normas estatutarias establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, en el Reglamento de Estudiantes de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE.

Debido a que es un trabajo de interés por la importancia económica de la producción de rosas a nivel nacional, recomendamos su publicación.

El mencionado trabajo consta de un documento empastado y un disco compacto, el cual contiene los archivos en formato portátil de Acrobat (pdf). Autorizan a CAÑIZARES CRUZ MARÍA JOSÉ y LEIVA GONZÁLEZ DIEGO JAVIER que lo entreguen a la Ing. MARTHA VARGAS, en su calidad de Directora de la Carrera.

Sangolquí, abril 2014

Ing. Norman Soria

DIRECTOR

Ing. Elizabeth Urbano

CODIRECTORA

DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD

CAÑIZARES CRUZ MARÍA JOSÉ
LEIVA GONZÁLEZ DIEGO JAVIER

Declaramos que:

El proyecto de grado denominado DETERMINACIÓN Y APLICACIÓN DEL MÉTODO DE GRADOS DÍA DESARROLLO (GDD) EN OCHO ESTADOS FENOLÓGICOS DE TRES VARIEDADES DE *Rosa sp.* EN TRES LOCALIDADES, ha sido desarrollado con base a una investigación exhaustiva, respetando derechos intelectuales de terceros, conforme las citas que constan al pie de las páginas correspondientes, cuyas fuentes se incorporan en la bibliografía. Consecuentemente este trabajo es de nuestra autoría.

En virtud de esta declaración, nos responsabilizamos del contenido, veracidad y alcance científico del proyecto de grado en mención.

Sangolquí, abril 2014

Cañizares Cruz María José

Leiva González Diego Javier

AUTORIZACIÓN

Nosotros, CAÑIZARES CRUZ MARÍA JOSÉ y

LEIVA GONZÁLEZ DIEGO JAVIER

Autorizamos a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, la publicación en la biblioteca virtual de la Institución del trabajo DETERMINACIÓN Y APLICACIÓN DEL MÉTODO DE GRADOS DÍA DESARROLLO (GDD) EN OCHO ESTADOS FENOLÓGICOS DE TRES VARIEDADES DE *Rosa sp.* EN TRES LOCALIDADES, cuyo contenido, ideas y criterios son de nuestra exclusiva responsabilidad y autoría.

Sangolquí, abril 2014

Cañizares Cruz María José

Leiva González Diego Javier

DEDICATORIA

A mis abuelitos Rosita y Jorge, que me cuidaron desde muy pequeña y me inculcaron el amor y respeto a esta profesión.

A mis padres, Fanny y Edwin, por su apoyo incondicional, por enseñarme que la vida es a costa de sacrificios, que las metas se cosechan con trabajo, y por sus consejos que me han permitido crecer como persona y profesional.

A mis hermanas, Carolina y Karen por ser mis mejores amigas, por brindarme palabras de aliento y por compartir momentos únicos.

A mis ñaños, Mónica y Jorge por su apoyo durante esta etapa de mi vida y por estar siempre pendiente de mí. Ñaña gracias por acolitarme siempre en todo.

A la persona que llegó a mi vida hace cinco años y me ha brindado su amor, amistad, apoyo incondicional y que sin ti todo esto no hubiera sido lo mismo.

María José.

AGRADECIMIENTO

A Dios y a la Virgencita, por darme la salud, fuerza y las bendiciones para culminar con éxito esta etapa de mi vida.

A toda mi familia por su apoyo y amor incondicional.

A mis Ingenieros Norman Soria, Elizabeth Urbano y Santiago Ulloa, por su confianza y guía para que este proyecto haya culminado exitosamente.

A Florecal S.A. y a todo su personal quien nos ayudo de la mejor manera para la realización de este proyecto, en especial al Ingeniero Harold Zúñiga.

A mis amigos, que han estado todos estos años compartiendo momentos de alegrías, y experiencias inolvidables.

Y especialmente a Diego, por ser parte de este proyecto que lo logramos trabajando juntos.

María José.

DEDICATORIA

A mis padres Alberto y Mónica, quienes han sido la guía en mi vida y siempre me han apoyado y han sabido aconsejarme en todas mis decisiones.

A mis hermanos César, Cristian y Pablo ya que han sido un ejemplo y siempre cuento con ustedes en momentos positivos y negativos de la vida.

A mis sobrinas y sobrino, por ser las personas que llevan alegrías y ocurrencias en todo momento.

A María José, por ser mi compañera incondicional en mi etapa universitaria y por haber vivido momentos inolvidables como estudiantes, siempre me diste palabras de aliento en momentos muy difíciles.

Diego J.

AGRADECIMIENTO

En primer lugar quiero agradecer a Dios y a la Virgen por darme la salud y la sabiduría para culminar una etapa muy anhelada.

A toda mi familia que siempre estuvo apoyándome y guiándome para culminar con éxito este proyecto.

A los ingenieros que con paciencia y conocimientos nos guiaron y ayudaron académicamente para concluir esta etapa de la vida.

Al Ing. Harold Zúñiga por confiar y abrirnos las puertas de Florecal S.A. para la elaboración de este proyecto.

A mi enamorada y compañera de tesis ya que demostró ser una persona trabajadora e incondicional y sin ella no se hubiera podido cumplir con este objetivo.

A mis amigos de la Universidad por hacer mas amenos los momentos estudiantiles y acolitarnos en todo.

Diego J.

ÍNDICE DE CONTENIDO

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

1.1.	Objetivo General	20
1.2.	Objetivos Específicos.....	20
1.3.	Hipótesis	21

CAPÍTULO II

REVISIÓN DE LITERATURA

2.1.	GENERALIDADES	22
2.1.1.	Origen.....	22
2.1.2.	Historia de la rosa en el Ecuador.....	22
2.1.3.	Taxonomía y Morfología	23
2.1.4.	Importancia Económica.....	24
2.2.	FICHA TÉCNICA DE LAS TRES VARIEDADES DE <i>Rosa sp.</i> EN ESTUDIO.	25
2.3.	LA TEMPERATURA Y LAS ROSAS	26
2.4.	CRECIMIENTO Y DESARROLLO	28
2.4.1.	Fisiología del Crecimiento	30
2.4.2.	Diferenciación Floral.....	32
2.4.3.	Estados Fenológicos en Rosas.....	33
2.4.3.1.	Brotación	34
2.4.3.2.	Hoja Bandera.....	34
2.4.3.3.	Botón Arroz.....	34
2.4.3.4.	Botón Arveja	35

2.4.3.5.	Botón Garbanzo.....	35
2.4.3.6.	Botón Color	35
2.4.3.7.	Sépalos	35
2.4.3.8.	Punto de Corte.....	36
2.5.	GRADOS DÍA DESARROLLO (GDD).....	36
2.5.1.	Definición.....	36
2.5.2.	Temperatura y Grados Día Desarrollo (GDD).....	37
2.5.3.	Cálculos de Grados Día Desarrollo.....	39
2.5.4.	Aplicaciones	40
2.6.	MÉTODO PARA EL CÁLCULO DE GRADOS DÍA DESARROLLO.....	42
2.6.1.	Metodología del Seno Simple para el Cálculo de Grados Día.....	42
2.6.2.	Descripción del Software “DDU” utilizado para el cálculo de GDD.	47
CAPÍTULO III		
MATERIALES Y MÉTODOS		
3.1.	UBICACIÓN DEL LUGAR DE INVESTIGACIÓN	48
3.1.1.	Ubicación Política	48
3.1.2.	Ubicación Geográfica.....	48
3.1.3.	Ubicación Ecológica	50
3.2.	MATERIALES	50
3.2.1.	Insumos y equipos.....	50
3.3.	MÉTODOS	51
3.3.1.	Diseño Experimental	51
3.3.1.1.	Factores evaluados	51

3.3.1.2.	Variedades estudiadas en tres localidades.....	51
3.3.1.3.	Tipo de diseño	52
3.3.1.4.	Repeticiones o bloques.....	52
3.3.1.5.	Características de la UE	52
3.3.1.6.	Croquis del diseño.....	53
3.3.2.	Análisis Estadístico	55
3.3.2.1.	Esquema del análisis de varianza	55
3.3.2.2.	Coefficiente de variación.....	55
3.3.2.3.	Tamaño de la muestra	56
3.3.2.4.	Análisis funcional.....	56
3.3.2.5.	Regresiones y correlaciones.....	56
3.3.3.	Análisis Económico.....	57
3.3.4.	Variables Evaluadas	57
3.3.4.1.	Variables Independientes	57
3.3.4.1.1.	Temperatura Máxima	57
3.3.4.1.2.	Temperatura Mínima.....	57
3.3.4.1.3.	Grados Día Desarrollo.....	58
3.3.4.2.	Variables Dependientes.....	58
3.3.4.2.1.	Días de cambio de estado fenológico.....	58
3.3.4.2.2.	Altura del tallo.....	58
3.3.4.2.3.	Diámetro del tallo.....	60
3.3.5.	Métodos Específicos para el Manejo del Experimento.....	60
3.3.6.	Metodología para el último objetivo	61

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1.	DETERMINACIÓN DE GDD EN OCHO ESTADOS FENOLÓGICOS PARA LAS TRES VARIEDADES DE <i>Rosa sp.</i>.....	62
4.1.1.	Comparación de la acumulación de GDD en los ocho estados fenológicos presentes en las dos cosechas.	62
4.1.2.	Acumulación de GDD en las tres localidades.....	65
4.1.3.	Acumulación de GDD de las tres variedades.....	66
4.1.4.	Acumulación de GDD y días de cambio en los ocho estados fenológicos de las tres variedades en las tres localidades.	68
4.2.	CURVAS DE CRECIMIENTO DE LAS TRES VARIEDADES DE <i>Rosa sp.</i> EN LAS TRES LOCALIDADES.	78
4.2.1.	Curvas de crecimiento para la variedad Freedom.	78
4.2.2.	Curvas de crecimiento para la variedad Mondial.....	81
4.2.3.	Curvas de crecimiento de la variedad O'hara.	84
4.3.	Análisis Económico	87

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1.	CONCLUSIONES.....	90
5.2.	RECOMENDACIONES.....	93
	BIBLIOGRAFÍA	95

ÍNDICE DE GRÁFICOS

GRÁFICO N°	Pág.
Gráfico 1. Acumulación de GDD en los ocho estados fenológicos de la primera cosecha, de las tres variedades en las tres localidades.....	63
Gráfico 2. Acumulación de GDD en los ocho estados fenológicos de la segunda cosecha, de las tres variedades en las tres localidades.....	64
Gráfico 3. Acumulación de GDD en los ocho estados fenológicos por variedad en las dos cosechas en las tres localidades.....	67
Gráfico 4. Acumulación de GDD para la variedad Freedom en los ocho estados fenológicos en las tres localidades.....	71
Gráfico 5. Acumulación de GDD para la variedad Mondial en los ocho estados fenológicos en las tres localidades.....	74
Gráfico 6. Acumulación de GDD para la variedad O'hara en los ocho estados fenológicos en las tres localidades.....	77
Gráfico 7. Curvas de crecimiento de la variedad Freedom en las tres localidades.....	79
Gráfico 8. Curvas de crecimiento de la variedad Mondial en las tres localidades.....	82
Gráfico 9. Curvas de crecimiento de la variedad O'hara en las tres localidades.....	85

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA N°	Pág.
Tabla 1.	Ficha técnica de la variedad Freedom.....25
Tabla 2.	Ficha técnica de la variedad Mondial..... 25
Tabla 3.	Ficha técnica de la variedad O'hara 25
Tabla 4.	Variedades de <i>Rosa sp.</i> evaluadas y simbología.....51
Tabla 5.	Fincas donde se realizó la investigación..... 51
Tabla 6.	Variedades evaluadas..... 52
Tabla 7.	Esquema del análisis de varianza combinado Variedad x Localidad55
Tabla 8.	Imágenes de cada uno de los estados fenológicos..... 59
Tabla 9.	Acumulación de GDD para las dos cosechas..... 62
Tabla 10.	Acumulación de GDD para las dos cosechas en las tres localidades..... 65
Tabla 11.	Acumulación de GDD para las dos cosechas de las tres variedades..... 66
Tabla 12.	Días de cambio y acumulación de GDD para los ocho estados fenológicos en las dos cosechas de la variedad Freedom en las 3 localidades..... 69
Tabla 13.	Días de cambio y acumulación de GDD para los ocho estados fenológicos en las dos cosechas de la variedad Mondial en las 3 localidades..... 72

Tabla 14.	Días de cambio y acumulación de GDD para los ocho estados fenológicos en las dos cosechas de la variedad O'hara en las 3 localidades.....	75
Tabla 15.	Acumulación de GDD para las alturas de la variedad Freedom en las tres localidades.....	78
Tabla 16.	Acumulación de GDD para las alturas de la variedad Mondial en las tres localidades.....	81
Tabla 17.	Acumulación de GDD para las alturas de la variedad O'hara en las tres localidades.....	84
Tabla 18.	Reporte de costos de producción, precios de venta y utilidades de las variedades en estudio.....	87
Tabla 19.	Reporte de productividad de las variedades en base al número de ciclos anuales de la finca y los obtenidos en este estudio.....	88
Tabla 20.	Reporte de costos y utilidad diaria por hectárea de cada una de las variedades.....	88

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA N°	Pág.
Figura 1.	Representación de GDD para el caso 1.....43
Figura 2.	Representación de GDD para el caso 2.....43
Figura 3.	Representación de GDD para el caso 3.....44
Figura 4.	Representación de GDD para el caso 4.....45
Figura 5.	Representación de GDD para el caso 5.....45
Figura 6.	Representación de GDD para el caso 6.....46
Figura 7.	Mapa satelital de la ubicación de la finca 1 y 2 del experimento..... 49
Figura 8.	Mapa satelital de la ubicación de la finca 3 del experimento..... 49
Figura 9.	Croquis de ubicación de las tres variedades de <i>Rosa sp.</i> en la finca 153
Figura 10.	Croquis de ubicación de las tres variedades de <i>Rosa sp.</i> en la finca 253
Figura 11.	Croquis de ubicación de las tres variedades de <i>Rosa sp.</i> en la finca 354

RESUMEN

El estudio fue realizado en tres fincas de producción de flores, ubicadas en Cayambe, todas pertenecientes a Florecal S.A. con el objetivo de evaluar el comportamiento fenológico de las variedades de rosas Freedom, Mondial y O'hara, en dos cosechas, como respuesta a la acumulación de Grados Día Desarrollo (GDD). Un modelo fenológico permite predecir el tiempo en que ocurrirá un evento en el desarrollo de un organismo, y el calor acumulado en este proceso se conoce como grados día desarrollo; a los estados fenológicos denominados: brotación, hoja bandera, botón arroz, botón arveja, botón garbanzo, mostrando color, sépalos y cosecha se les hizo un seguimiento desde el momento del pinch o poda hasta la cosecha, y también se los observó en la segunda cosecha, después del pinch o poda. Al realizar el análisis estadístico de las dos cosechas, se determinó que no existen diferencias significativas en cuanto a la acumulación de GDD. Para la variedad Freedom, se obtuvo una acumulación de GDD de 1292 °D a los 96 días, la variedad Mondial acumuló una cantidad de 1347 °D a los 98 días y la variedad O'hara necesitó un total de 1301 °D a los 94 días. El modelo predictivo que mejor se ajustó a los ocho estados fenológicos, relacionados con GDD fue la función lineal: $f(x) = ax + b$, mientras que las curvas de crecimiento de las tres variedades presentaron un modelo loglogístico: $f(x) = 0 + \frac{d-0}{1+\exp(b(\log(x)-\log(e)))}$.

Palabras clave: Modelo fenológico, estados fenológicos, Grados Día Desarrollo, modelo predictivo, curvas de crecimiento.

SUMMARY

This work was undertaken in three flower farms in Cayambe all belonging to Florecal S.A. with the purpose to evaluate the phenological behavior of the reproductive phase of rose varieties Freedom, Mondial and O'hara in two harvest, as responding to the accumulation of degree days. A phenological model allows predicting the time in that an event occurs during the organism development; the heat accumulated in this process is known as growing degree days; a monitoring starting from pruning up (May. 15th 2013) to phenological phases called: sprouting, flag leaf, rice, vetch, chickpea, showing color, sepals, harvest and those were observed on the second harvest after pruning up. Performing statistical analysis of the two harvests, it was determined that there were no significant differences in accumulation of GDD. Freedom has an accumulation of GDD 1292 °D at 96 days, Mondial has an accumulation of GDD 1347 °D at 98 days and O'hara has a total accumulation of 1301 °D at 94 days. The predictive model that adjusted the eight phenological stages, related with was a lineal model: $f(x) = ax + b$, while the growth curves were described as a loglogistic model: $f(x) = 0 + \frac{d-0}{1+\exp(b(\log(x)-\log(e)))}$.

Key words: Phenological model, phenological development, Growing Degree Days, predictive model, growth curves.

DETERMINACIÓN Y APLICACIÓN DEL MÉTODO DE GRADOS DÍA
DESARROLLO (GDD) EN OCHO ESTADOS FENOLÓGICOS DE TRES
VARIEDADES DE *Rosa sp.* EN TRES LOCALIDADES

Según Ratingspcr (2011), citado por Chávez & Ayala (2012), el Ecuador se sitúa dentro de los principales exportadores de flores, ocupando el tercer lugar en las exportaciones mundiales de este producto.

Durante el 2012, según datos del Banco Central del Ecuador (2013), las exportaciones florícolas totales de Ecuador alcanzaron los US\$ 766.309 miles de dólares FOB y durante el período Enero – Abril del 2013 la cifra fue de US\$ 45.720 miles de dólares FOB. La participación del producto ecuatoriano en determinados mercados se distribuye de la siguiente manera: Estados Unidos (24% de participación), Europa (17%) y los países de la ex Unión Soviética (63%). (Vázquez S. & Saltos G., 2013)

En el Ecuador, la actividad florícola de exportación se inició hace tres décadas. Luego empieza a crecer en forma inusitada, se expande de Pichincha a otras provincias como Imbabura, Cotopaxi, Chimborazo, Azuay, Cañar y Guayas. (Vázquez S. & Saltos G., 2013)

Tiene una extensión cultivada de 4729 hectáreas y agrupa a más de 350 empresas afiliadas y 150 empresas no asociadas que producen rosa, claveles, clavelina

crisantemo, gypsophila, flores de varano y flores tropicales. (Vázquez S. & Saltos G., 2013)

La líder del conjunto es la rosa, y el Ecuador exporta 60 variedades, incluidas las variedades de la rosa roja “First Red”, “Classi”, “Dallas”, “Mahalia”, “Madame Del Bar” y “Royal Velvet”. Las variedades de la rosa amarilla que se cultivan son la “Allsmer Gold” y la “Skyline”. Otras incluyen la rosa de pimpollos “Anna Nubia” y las de color púrpura “Ravel” y “Gretta”. Naturalmente, las hay de todos los tonos intermedios también. Las flores de corte, en particular las rosas, constituyen la porción más importante de la torta de exportación. (ECUADOR CHANNEL, 2009)

Uno de los principales problemas en la producción de rosas, es la falta de herramientas que el floricultor tiene para poder predecir el tiempo y rendimiento del cultivo, con el objetivo de hacer coincidir los picos de producción con épocas de mayor consumo como lo son San Valentín, Día de las madres, etc.

Actualmente las empresas pactan con los clientes compromisos de entrega de pedidos considerando el momento de la entrega, la cantidad y calidad de flor. Dicho proceso es realizado con base en las plantas sembradas, el ciclo productivo de las mismas y los rendimientos esperados. Desafortunadamente, en algunos casos, el error de estimación en los pronósticos de producción en épocas de mayor consumo es considerablemente alto, debido a variables como la temperatura. (Mancera, 2011)

Según Thom (1996), citado por Fonte & Rivero (2001), desde épocas tan tempranas como en la segunda mitad del siglo XX se notó la necesidad de introducir un parámetro que, estando ligado a la temperatura ambiental, permita relacionar de manera práctica el sistema energía-clima, destacándose para ellos el término Grados Día Desarrollo.

Como herramienta para mitigar esta situación se han desarrollado estudios, en especial en rosa, que relacionan los grados día desarrollo con el desarrollo fenológico de la flor, permitiendo determinar a tiempo atrasos o adelantos en el desarrollo de la planta y por lo tanto tomar decisiones encaminadas a obtener la producción en el momento esperado. (Monroy, Pérez, & Cure, 2001)

1.1. Objetivo General

Estudiar la influencia de Grados Día Desarrollo, en ocho estados fenológicos, a fin de establecer parámetros que faciliten la planeación de los picos de producción en épocas de mayor demanda; que permitan determinar si el desarrollo de la planta está acorde con el plan de producción fijado.

1.2. Objetivos Específicos

Medir las temperaturas máximas y mínimas, a fin de establecer los Grados Día Desarrollo.

Determinar los Grados Día Desarrollo requeridos para los ocho estados fenológicos de diferentes variedades de *Rosa sp.*

Elaborar las curvas de crecimiento, referidas a los ocho estados fenológicos, para cada una de las tres variedades de *Rosa sp.* estudiadas en tres localidades.

Desarrollar un modelo matemático de Grados Día Desarrollo, que represente el proceso fenológico para las tres variedades de *Rosa sp.* en tres localidades, que incluya herramientas prototipo para predecir tiempos de cosecha.

Difundir los resultados obtenidos, a la finca y floricultores interesados.

1.3. Hipótesis

Existe una alta correlación entre los Grados Día Desarrollo y los estados fenológicos de la *Rosa sp.*, desde el pinch hasta la cosecha.

CAPÍTULO II

REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. GENERALIDADES

2.1.1. Origen

La rosa era considerada como símbolo de belleza por babilonios, sirios, egipcios, romanos y griegos. Aproximadamente 200 especies botánicas de rosas son nativas del hemisferio norte, aunque no se conoce la cantidad real debido a la existencia de poblaciones híbridas en estado silvestre. Las primeras rosas cultivadas eran de floración estival, hasta que posteriores trabajos de selección y mejora realizados en oriente sobre algunas especies, fundamentalmente *Rosa gigantea* y *R. chinensis* dieron como resultado la "rosa de té" de carácter reflorecente. Esta rosa fue introducida en occidente en el año 1793 sirviendo de base a numerosos híbridos creados desde esta fecha. (infoAgro, 2006)

2.1.2. Historia de la rosa en el Ecuador

Según datos del SICA (2004), citados por Ramírez (2009), el cultivo de flores para exportación se inicia en el Ecuador a mediados de los años ochenta, en el año 1985 las exportaciones de flores representaron en 0,02% del total de las exportaciones y el 0,1% de las exportaciones agrícolas, en 1990 pasan a constituir el 0,5% del total de las exportaciones y el 2% de las agrícolas y en el 2001 significan el

5% del total de las exportaciones y el 18% de las agrícolas, llegando así a ser rubros muy destacados en la economía nacional.

Según datos de Greenrose by Producnorte (2006), citados por Ramírez (2009), en los últimos 10 años la tasa de crecimiento anual de las exportaciones de flores fue del 19,6%. En el 2004 las flores constituyen el principal producto de exportación no tradicional del país, el segundo producto no petrolero, y el tercer producto de exportación general del Ecuador. Las flores son el principal producto de exportación privada a los Estados Unidos, el 31% de las importaciones de rosas que realiza dicho país son ecuatorianas y el 80% de las importaciones que realiza Rusia.

2.1.3. Taxonomía y Morfología

Según Fainstein (1997), el rosal presenta la siguiente clasificación taxonómica:

Clase: Dicotiledónea
Subclase: Arquiclamídeas
Orden: Rosales
Familia: Rosáceae
Tribu: Rosoideas
Género: *Rosa*
Especie: *sp.*

Actualmente, las variedades comerciales de rosa son híbridos de especies de rosa desaparecidas. Para flor cortada se utilizan los tipos de té híbrida y en menor medida

los de floribunda. Los primeros presentan largos tallos y atractivas flores dispuestas individualmente o con algunos capullos laterales, de tamaño mediano o grande y numeroso pétalos que forman un cono central visible. (infoAgro, 2006)

2.1.4. Importancia Económica

La industria florícola del país se ha convertido en una actividad muy importante que con el pasar de los años se ha consolidado en el mercado norteamericano principalmente y en menor escala en Europa, lo cual ha contribuido a generar empleo y divisas al interno del país, activando ciertos polos de desarrollo local en el tema. (Superintendencia de Bancos y Seguros del Ecuador, 2006)

Dentro de la variedad de flores que se producen, las rosas se constituyen como el principal producto exportable cultivado (62%). Aproximadamente el 88% de la producción nacional se exporta principalmente a Estados Unidos (70%) y el resto a Europa. (Superintendencia de Bancos y Seguros del Ecuador, 2006)

Según el Banco Central del Ecuador, las Rosas representan el 2,38% del FOB con una participación de \$520.371 en el período enero-noviembre del 2012.

La celebración de San Valentín (14 de febrero de cada año) en la mayoría de países del mundo, representa el 30% de las ventas totales anuales de las flores ecuatorianas. (Superintendencia de Bancos y Seguros del Ecuador, 2006)

2.2. FICHA TÉCNICA DE LAS TRES VARIEDADES DE *Rosa sp.* EN ESTUDIO.

Tabla 1: Ficha técnica de la variedad Freedom.

VARIEDAD	<i>Freedom</i> ®	
Tipo	Hibrido de té	
Tamaño botón	5.5 cm.	
Vida en florero	14 días	
Follaje	Verde claro	
Color	Rojo	
Número de pétalos	48	
Longitud	70 - 90 cm.	
Productividad (flor/planta/mes)	1.5 F/P/M	

Fuente: Rosen Tantau.

Tabla 2: Ficha técnica de la variedad Mondial.

VARIEDAD	<i>Mondial</i> ® Kortida	
Tipo	Hibrido de té	
Tamaño botón	6.0 - 6.5 cm.	
Vida en florero	15 - 18 días	
Follaje	Verde claro	
Color	Crema	
Número de pétalos	35 - 40	
Longitud	70 - 80 cm.	
Productividad (flor/planta/mes)	1.1 F/P/M	

Fuente: Plantec.

Tabla 3: Ficha técnica de la variedad O'hara.

VARIEDAD	<i>Ohara</i> ® Delfumros	
Tipo	Hibrido de té	
Tamaño botón	5.5 - 6.0 cm.	
Vida en florero	10 - 12 días	
Follaje	Verde claro	
Color	Rosado claro	
Número de pétalos	35 - 40	
Longitud	60 - 70 cm.	
Productividad (flor/planta/mes)	1.0 F/P/M	

Fuente: Plantec.

Las características de producción pueden variar, dependiendo de la ubicación geográfica.

2.3. LA TEMPERATURA Y LAS ROSAS

En el invernadero, las temperaturas del día y de la noche deben ser mantenidas a determinado nivel, de acuerdo a la variedad y al régimen luminoso existente. Las temperaturas mínimas recomendadas para rosas oscilan entre 15,5°C y 16,5°C. Con el aumento de temperaturas nocturnas los brotes crecen rápidamente y tienen menos hojas, esto se refleja en el aumento de la productividad y el decrecimiento del tamaño del botón, la disminución del número de pétalos, tallos más cortos y de menor peso. Las temperaturas diurnas deberán ser alrededor de 5°C, mayor a la nocturna. (Muñoz, 1998)

La velocidad de crecimiento de rosales se duplica por cada 10°C de incremento en la temperatura, el mismo autor cita a Moe, quien sostiene que los rosales de la variedad Bacará, en España a mediados de enero florecen aproximadamente dos días antes por cada grado de elevación de la temperatura. (López, 1981)

La temperatura influye en la intensidad del proceso de fotosíntesis, respiración y algunos otros procesos metabólicos; la relación entre la temperatura diurna y la nocturna afecta el balance entre la producción y la calidad de las flores producidas, la duración de los ciclos igualmente tiene una relación directa con la temperatura: temperaturas inusuales pueden ocasionar la aparición de flores deformes y malformadas; la vida en florero de la flor cortada depende también de la temperatura; la temperatura del suelo influye en la disponibilidad y tasa de absorción y utilización

de los elementos minerales y el agua; la intensidad de transpiración, igualmente, está influenciada por la temperatura de las hojas. (Muñoz, 1998)

Hasta hace poco tiempo se consideraba que temperaturas menores a 10° por la noche ocasionaban un aumento de ciegos, pero vemos en el Ecuador que cultivando con temperaturas nocturnas de 4° la producción no está afectada por los ciegos. Hoy en día se habla de la influencia del DIF. El DIF es la diferencia entre las temperaturas del día y la noche. Se sabe que el DIF tiene efectos sobre la longitud de los tallos y que su efecto es mayor en condiciones de alta luminosidad (Ecuador); un DIF positivo puede influir en el aumento del largo de los tallos. (Fainstein, 1997)

Byrne y colaboradores, manifiestan que un exceso de temperatura durante el día disminuye enormemente la longitud desde 42,3 a 25,7 cm (39%) para las mismas horas de luz, además el botón floral es sumamente pequeño, por la reducción en el número de pétalos. Sin embargo, el incremento de la temperatura diurna favorece la producción, pero a costa de la calidad, es decir tallos de longitud corta. (López, 1981)

Para la mayoría de los cultivos de rosa una temperatura nocturna en invernadero, de aproximadamente 16°C es la óptima para el crecimiento. Las temperaturas diurnas pueden variar de 20°C en días nublados a 24-28°C en días soleados. (Larson, 1998)

Las rosas a 5°C no forman frutos y flores. Temperaturas inferiores a 8°C durante la formación de los botones florales son la causa de desórdenes fisiológicos en la flor como capullos negros, brotes ciegos, flores chatas, etc. (López, 1981)

2.4. CRECIMIENTO Y DESARROLLO

Por lo general, crecimiento significa aumento de tamaño. A medida que los organismos multicelulares crecen a partir del cigoto, no sólo aumentan en volumen, sino también en peso, número de células, cantidad de protoplasma y complejidad. En muchos estudios es importante medir el crecimiento. En teoría se podría medir cualquiera de las características del crecimiento mencionadas, pero existe dos medidas que son las más habituales: las que cuantifican los aumentos en volumen o en masa. Los aumentos de volumen (tamaño) a veces se calculan en forma aproximada midiendo la expansión en sólo una o en dos direcciones, tal como la longitud (altura de tallos), el diámetro (del tronco), o el área (de una hoja). (Salisbury & Ross, 2000)

El crecimiento y desarrollo de las plantas forman una combinación de diferentes eventos en diferentes niveles, desde el biofísico y bioquímico hasta el orgánico, que dan como resultado la producción integral en un organismo. Una pequeña cantidad de las sustancias naturales en las plantas controla su crecimiento y desarrollo, pero varios procesos como la iniciación de las raíces, el establecimiento y terminación de los períodos de letargo y reposo, la floración, formación y desarrollo

de los frutos, abscisión, senescencia y ritmo de crecimiento, se encuentran bajo control hormonal. (Saldivar & Hugo, 2003)

El desarrollo puede definirse como cambio ordenado o progreso, a menudo (aunque no siempre) hacia un estado superior, más ordenado o más complejo. En tal forma el desarrollo puede tener lugar sin que haya crecimiento y el crecimiento sin desarrollo, pero a menudo los dos están combinados en un solo proceso. El problema de analizar y entender las causas del crecimiento y del desarrollo; puede ser que aparezcan separados y distinguibles o ambos pueden provenir de un mismo estímulo. A su vez, esto trae problemas en el análisis matemático del crecimiento, pues el progreso ordenado de este puede verse perturbado de modo imprevisible por fenómenos de desarrollo. (Bidwel, 1993)

No es fácil medir el desarrollo pues tiende a producirse por una serie de eventos mas o menos discretos. Esto hace que una evaluación del ¿cuánto? sea difícil. Por ejemplo, una planta puede haber floreado o no. Si (como el tulipán holandéz) produce solamente una flor, la pregunta de cuánto no puede contestarse. Similarmente, la pregunta ¿cuándo? es a menudo difícil de responder porque los eventos del desarrollo puede haberse iniciado mucho antes de que sus manifestaciones externas se hagan visibles. Finalmente la pregunta de ¿qué ha pasado? es esencialmente cualitativa, lo que siempre es sumamente difícil de evaluar en términos cuantitativos. (Bidwel, 1993)

2.4.1. Fisiología del Crecimiento

El crecimiento y el desarrollo se deben a solo tres procesos. El primero es la división celular, durante la que una célula madura se divide en dos células independientes. El segundo proceso es el crecimiento celular, en el que una o las dos células hijas aumentan de volumen. El tercero es la diferenciación celular, en la que una célula, tal vez habiendo alcanzado su volumen definitivo, se especializa en una de varias formas posibles. (Salisbury & Ross, 2000)

Según Cáceres et al. (2003), citado por Rodríguez & Flórez (2006), en promedio, el ciclo de un tallo floral es de 10 a 11 semanas. Se considera que la mitad de este periodo es de crecimiento vegetativo y la otra mitad, reproductivo. El periodo vegetativo se subdivide en inducción del brote y desarrollo del tallo floral, presentado en la mayoría de los casos un color rojizo característico. El periodo reproductivo se inicia con la inducción del primordio floral, que coincide con una variación del color del tallo y hojas de rojo a verde, seguido de los estadios fenológicos llamados ‘arroz’ (sobre diámetro de 0,4 cm), ‘arveja’ (0,5-0,7 cm), ‘garbanzo’ (0,8-1,2 cm), ‘rayar color’ (muestra color) y ‘corte’ (cosecha), en razón a la similitud de los tres primeros estadios con el tamaño del botón floral. El estadio ‘rayar color’ indica el momento cuando se separan ligeramente los sépalos por efecto del crecimiento del botón dejando ver el color de los pétalos y el ‘corte’ es el momento en que la flor llega a un punto de apertura comercial, más no fisiológica.

En el caso de una rosa, luego del pinch viene un breve lapso de reposo en el que aumentan los niveles de citoquininas, ácido giberélico, ácido ribonucleico soluble y aumenta la actividad enzimática. Hay reducción de almidones para convertirse en azúcares simples que son respirados, posibilitando la brotación de yemas florales y vegetativas, tras romper el estado de latencia, logrando el desarrollo a partir de formación de moléculas estructurales que son originadas en la fotosíntesis, en la respiración y en otros procesos fisiológicos. (Rodríguez J. C., 2013)

La fase vegetativa dura aproximadamente 24 días y comprende el momento que aparece la primera yema aproximadamente, 8 – 10 días después de un pinch, posteriormente comienza la formación de hojas, la fase termina en el momento en que aparece la hoja bandera. (Paillacho, 2010)

La etapa reproductiva comprende desde el momento en que comienza el desarrollo de la hoja bandera, pasando por, los estados de : botón arroz, (inicio de formación del botón floral, se asemeja a un grano de arroz), botón arveja (el botón comienza su desarrollo), botón garbanzo, botón pintando color (comienza la aparición de la primera línea de color), pun de cosecha, este punto depende directamente del destino final de comercialización , pues flores con destino a Rusia requieren de una buena apertura floral (botón floral abierto). El desarrollo de cada fase dura aproximadamente de 8 a 12 días, dependiendo de los factores climáticos que predominen en la zona donde se encuentre el cultivo. (Paillacho, 2010)

El tallo del rosal es leñoso y termina siempre en flor, en caso de que no ocurra un aborto. En una rama que florece existe el dominio apical, que no es igual para todas las yemas, existe una gradiente de control: a medida que bajamos, el control es mayor. El ápice vegetativo del tallo joven desarrolla un número de hojas y luego de forma repentina empieza a desarrollar los miembros de la flor y así termina su crecimiento, o sea que el crecimiento del tallo finaliza en una flor terminal. En la planta encontramos tallos sin flor o tallos ciegos: en ellos hubo un desperfecto fisiológico que ocasionó el aborto o atrofiamiento de la flor. (Fainstein, 1997)

2.4.2. Diferenciación Floral

Al ser la rosa una angiosperma, se distinguen dos fases de crecimiento; una fase vegetativa y otra reproductiva. Pero en la rosa no se puede diferenciar el paso de una fase a otra. El crecimiento de la rosa es teóricamente ilimitado, cada año se producen tejidos nuevos y ramas de rejuvenecimiento, existiendo en esta planta la dominancia apical. (Fainstein, 1997)

Algunas estructuras vegetales son determinadas, pero otras son indeterminadas. Una estructura determinada crece hasta cierto tamaño y entonces se detiene; con el tiempo envejece y muere. Las hojas, las flores y los frutos son buenos ejemplos de estructuras determinadas. Por otra parte, el tallo y la raíz son estructuras indeterminadas. Crecen por meristemas que continuamente se renuevan, permaneciendo jóvenes. (Salisbury & Ross, 2000)

La floración es el cambio de crecimiento indeterminado a determinado, consiste en el establecimiento de nuevos linajes celulares, que dará como resultado el establecimiento de una nueva identidad celular. Cuando el proceso se dispara, la forma del ápice va a cambiar. En la floración cambia la actividad y diferenciación del meristemo vegetativo a meristemo reproductivo, por cuya acción se originarán los componentes de la flor. Se puede entender la floración como la inducción y formación de los primordios florales. Factores internos (hormonales y nutritivos) y factores externos (luz y temperatura) condicionan la inducción o estimulación floral. (ITESCAM)

Una vez que la planta alcanza la etapa fisiológica en que está lista para la iniciación floral, el primer cambio morfológico notable que indica la transición de un meristemo vegetativo a otro reproductivo, es el aumento de la división celular en la zona central inmediatamente inferior a la parte apical del meristemo vegetativo. Dicha división da por resultado un grupo de células parenquimáticas no diferenciadas, rodeados de células meristemáticas que a su vez dan origen a los primordios florales. (Paillacho, 2010)

2.4.3. Estados Fenológicos en Rosas

Un tallo floral durante su desarrollo pasa por diferentes estados. Su identificación sirve para realizar el muestreo de campo y de base para elaborar los presupuestos de producción. (FLORINTI S.A., 2000)

2.4.3.1. Brotación

Según Hoog (2001), citado por Rodríguez & Flórez (2006), va desde que una yema axilar brota, siendo la base estructural de la planta, también conocido como inducción del brote. Las yemas ubicadas en las hojas superiores de un tallo con frecuencia parecen ser más generativas, mientras que las yemas inferiores son vegetativas.

2.4.3.2. Hoja Bandera

Un tallo llega a este estado cuando emerge la primera hoja, esto sucede aproximadamente a los 30 días como promedio de la poda dependiendo de las condiciones climáticas durante su crecimiento. (FLORINTI S.A., 2000)

2.4.3.3. Botón Arroz

Cuando el botón floral se asemeja al tamaño de un arroz, es decir, cuando su diámetro mide 0.3 cm a 0.5 cm y su longitud es menor a 1 cm. (FLORINTI S.A., 2000)

2.4.3.4. Botón Arveja

Un tallo estará en este estado cuando su botón tenga un diámetro que varía entre 0.5 y 1 cm y una longitud de 1.1 a 1.6 cm y una forma que se asemeja a una arveja. (FLORINTI S.A., 2000)

2.4.3.5. Botón Garbanzo

Los tallos se encuentran en este estado cuando el botón floral tiene entre 1.1 a 1.6 cm de diámetro y 1.6 a 2 cm de longitud teniendo la apariencia de un grano de garbanzo por su tamaño. (FLORINTI S.A., 2000)

2.4.3.6. Botón Color

Se define de esta manera cuando existe una sección del mismo que presenta una apertura de los sépalos y se puede apreciar levemente los pétalos. (FLORINTI S.A., 2000)

2.4.3.7. Sépalos

El botón floral presenta totalmente sus sépalos desprendidos de los pétalos y se puede apreciar su color y forma de apertura. (FLORINTI S.A., 2000)

2.4.3.8. Punto de Corte

El punto de corte óptimo es aquel en el cual el botón floral puede abrirse totalmente y tener una satisfactoria vida en florero luego de la comercialización. Algunas empresas florícolas consideran que el punto adecuado es aquel que luego de su almacenamiento, transporte y distribución se abren satisfactoriamente (PROEXANT, 1993)

2.5. GRADOS DÍA DESARROLLO (GDD)

2.5.1. Definición

Según Wang 1960; Durand 1969; Kiniry y Keener 1982, citados por Agüero, et al. (2011), en 1735, Reaumur introduce el concepto de unidad calórica o térmica, dando las primeras nociones de constancia térmica requerida para que una planta alcance su madurez y crea un método predictivo del desarrollo vegetal, en función de la temperatura.

Un Grado Día Desarrollo, 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. También conocidas como unidades de calor, grados día son el producto acumulado de tiempo y temperatura entre los umbrales de desarrollo de cada día. (Universidad de California, 2005)

Las plantas deben acumular una cierta cantidad de grados día para pasar de un estado a otro. Ello explica por qué las fechas de brotación a floración, no son las mismas entre distintas temporadas del cultivo. Dependiendo de la velocidad con que se acumulen estos grados día, los eventos fenológicos se adelantan (en años calurosos) o se retrasan (en años fríos). (Centro de Investigación y Transferencia en Riego y Agroclimatología, 2010)

2.5.2. Temperatura y Grados Día Desarrollo (GDD)

La variabilidad de la temperatura dentro del invernadero determina el índice del desarrollo (tiempo para floración) en los cultivos de flores. Temperaturas muy variables a través del invernadero significan que el tiempo a floración también es variable (floración más rápida en puntos más calientes). Las temperaturas excesivamente altas o bajas son también fuente de “stress” en las plantas. (Monroy, Pérez, & Cure, 2001)

Según Agüero, et al. (2011), en 1855, Boussignault, Quételet y De Candolle ponen de relieve la importancia de la temperatura sobre el desarrollo de las plantas. Muestran que al sumar las temperaturas medias diarias durante la estación de crecimiento, se obtiene la llamada “suma de calor” que expresa la cantidad total de calor al que la planta estuvo sometida durante su período de crecimiento y que se requiere para su maduración.

En realidad, la temperatura no afecta la duración de una etapa, sino que incide sobre la tasa de desarrollo (velocidad con que transcurren eventos determinados por unidad de tiempo calendario) y como consecuencia de ello, la duración de cada etapa es alterada. (Miralles, Windauer, & Gómez, 2004)

Castillo & Santibáñez (1987), evaluando el efecto de la temperatura sobre la fenología del trigo, definen que es posible verificar casi con exactitud, que las distintas fases fenológicas del cultivo ocurren cuando se cumplen ciertos valores de suma térmica.

La temperatura controla la velocidad del desarrollo de muchos organismos. Plantas y animales invertebrados, incluyendo insectos y nemátodos, requieren una cierta cantidad de calor para desarrollarse a partir de un momento de su ciclo de vida a otra. Esta medida de acumulación de calor se conoce como tiempo fisiológico. Teóricamente, el tiempo fisiológico proporciona una referencia común para el desarrollo de los organismos. La cantidad de calor requerida para completar el desarrollo de un organismo dado no varía, la combinación de temperatura (entre los umbrales) y el tiempo siempre serán los mismos. El tiempo fisiológico a menudo se expresa y se aproximó en unidades llamadas grados día ($^{\circ}\text{D}$). (Universidad de California, 1990)

2.5.3. Cálculos de Grados Día Desarrollo

Los Umbrales superior e inferior de desarrollo han sido determinados para algunos organismos a través de laboratorio y de campo cuidadosamente controlados en experimentos. Los umbrales varían con los diferentes organismos. Por ejemplo, el umbral inferior de desarrollo es 51 °F y el umbral superior de desarrollo es 90 °F para el Piojo de San José (*Quadraspidiotus perniciosus*). El umbral inferior de desarrollo para un organismo es la temperatura a la cual y por debajo de ella se detiene el desarrollo. El umbral inferior se determina por la fisiología del organismo. Es independiente del método utilizado para calcular los grados día. El umbral de desarrollo superior es la temperatura a la cual y por encima de ella, el crecimiento o desarrollo comienza a disminuir o detener. Un modelo de grado día se aproxima a la fisiología de un organismo. (Universidad de California, 1990)

Según la Universidad de los Andes (2003), citada por Rodríguez & Flórez (2006), para ajustar los datos por medio del modelo de Grados Día Desarrollo, se toman los datos originales de temperatura durante 24 h. Se establece un rango que va entre 5,3 y 30,0 °C, los umbrales inferior y superior, respectivamente. En este rango las plantas de rosa tendrán un buen funcionamiento fisiológico y, por fuera de estos umbrales, las plantas no tendrán un desarrollo significativo. Se hace el promedio para obtener una lectura diaria que, sumada a través del tiempo, representa el acumulado de la temperatura.

2.5.4. Aplicaciones

Según el Centro de Investigación y Transferencia en Riego y Agroclimatología (2010), en particular en las áreas de fenología y desarrollo de cultivos, el concepto de unidad calórica, medida en grados día de crecimiento (GDC), ha mejorado ampliamente la descripción y predicción de los eventos fenológicos, comparado con otras aproximaciones, como la época del año o el número de días. Entre las muchas aplicaciones se encuentran:

- Programación de las 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 o inicios del ciclo de cultivo
- Pronóstico de coeficientes de evapotranspiración de cultivos (K_c).
- Pronóstico de aparición de plagas y enfermedades

Basaure (2006), sostiene que, según Ruiz (1991) citado por Azkues (2006), la mayoría de estas aplicaciones se sustentan en modelos de Grados Día para describir el desarrollo de plantas e insectos, de ahí que el concepto de Grados Día se utilice más bien como Grados Día de Desarrollo.

Un ejemplo de GDD, es el pronóstico de cosechas y picos de producción como lo determina en su investigación Rodríguez & Flórez (2006), para la primera cosecha de la variedad 'Madame Delbard', se obtuvo una acumulación total de 1085,3 grados día y el pico de cosecha se presentó a los 86 d y 904,4 grados día. La variedad 'Charlotte' tuvo sus primeras flores a los 49 d, finalizando la cosecha a los 87 d y con 906,3 grados día. El pico de cosecha se dio a los 69 d y 718,5 grados día. En el caso de la variedad 'Freedom', se necesitaron 50 d después de poda para cortar las primeras flores, a los 80 d y 779,9 grados día se acentuó la cosecha, finalizando a los 93 d y 892,9 grados día.

Según la Universidad de California (2003), se determinó un modelo fenológico para una plaga que afecta al cultivo de la *Rosa sp.* y el cual se describe a continuación:

Nombre científico: *Thrips tabaci*

Lugar del estudio: Weslaco, Texas

Umbral de desarrollo inferior: 11.5°C

Método de cálculo: Seno Simple

Acumulación de GDD requeridos para cada estado de desarrollo

Hospedero: Cebolla verde	DD (°F)	DD (°C)
Huevo:	140.4	78.0
De larva a adulto:	180.4	100.2
Tiempo de generación:	323.3	179.6

Con la aplicación del modelo basado en el concepto grados día ($^{\circ}\text{D}$), se obtiene un pronóstico del riego más preciso debido a que este modelo se ajusta automáticamente a las variaciones climáticas locales, lo cual permite determinar con mayor precisión el inicio de cada etapa fenológica del cultivo y sus correspondientes necesidades hídricas, incrementando así las eficiencias de riego. El uso del modelo grados día en la calendarización y pronóstico del riego resultó ser una excelente herramienta para normalizar los parámetros de calendarización del cultivo a las condiciones temporales del clima, ya que las estimaciones a través del modelo se ajustan automáticamente y debido a la amplia gama de fechas en que se establece el cultivo de papa. (Flores, Ojeda, Flores, Mejía, & Sifuentes, 2012)

2.6. MÉTODO PARA EL CÁLCULO DE GRADOS DÍA DESARROLLO

2.6.1. Metodología del Seno Simple para el Cálculo de Grados Día

Según la Universidad de California (2005), este método trigonométrico ajusta algunas funciones seno, a las temperaturas máximas y mínimas diarias. Mediante esta metodología se han corregido errores encontrados en otros métodos utilizando umbrales máximos y mínimos. Las temperaturas máximas y mínimas, son variables importantes, ya que éstas controlan la velocidad de desarrollo de muchos organismos como las plantas y los animales invertebrados que requieren una cierta cantidad de calor para el desarrollo de su ciclo de vida.

A Continuación se describen los 6 casos posibles para el desarrollo de la fórmula:

Caso 1 (Completamente debajo de los umbrales)

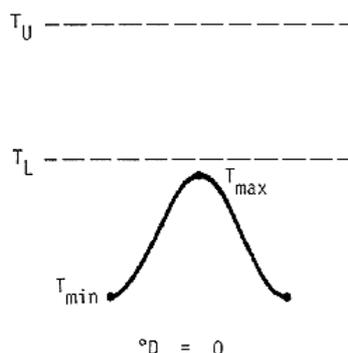


Figura 1: Representación de GDD para el Caso 1.

Las temperaturas máximas y mínimas se encuentran por debajo de los dos umbrales aplicables a un período de 24 horas. La acumulación de grados-días corresponde a las áreas sombreadas del diagrama, en este caso es 0 donde: T_U = Límite superior; T_L = Umbral inferior; T_{max} = Temperatura máxima; T_{min} = Temperatura mínima. (Universidad de California, 2005)

Caso 2 (Interceptado por el umbral más bajo)

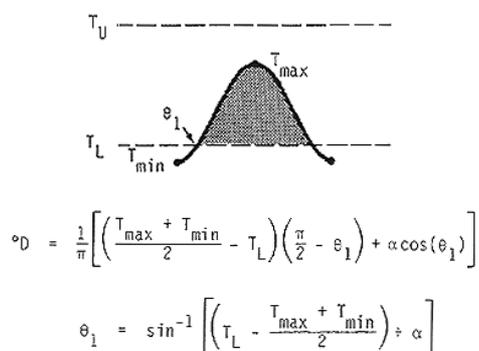


Figura 2: Representación de GDD para el Caso 2.

Se aplica cuando hay temperaturas mínimas por debajo del umbral inferior y la temperatura máxima es superior al umbral inferior, pero menor al superior. Se aplica a un periodo de 24 horas. La acumulación de grados-días corresponde a las áreas sombreadas del diagrama donde: T_U = Límite superior; T_L = Umbral inferior; T_{max} = Temperatura máxima; T_{min} = Temperatura mínima. (Universidad de California, 2005)

Caso 3 (Completamente entre los dos umbrales)

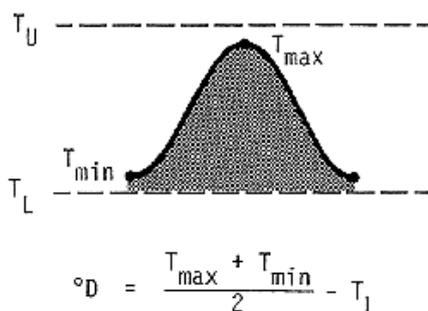
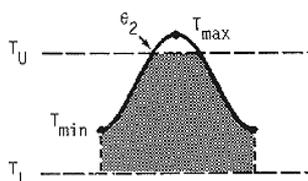


Figura 3: Representación de GDD para el Caso 3.

Se desarrolla cuando las temperaturas máximas y mínimas, se encuentran dentro de los umbrales y se aplica a un período de 24 horas. La acumulación de grados-días corresponde a las áreas sombreadas del diagrama donde: T_U = Límite superior; T_L = Umbral inferior; T_{max} = Temperatura máxima; T_{min} = Temperatura mínima. (Universidad de California, 2005)

Caso 4 (Interceptado por el umbral superior)



$$\begin{aligned} \text{°D} &= \frac{1}{\pi} \left\{ \left(\frac{T_{\max} + T_{\min}}{2} - T_L \right) \left(\theta_2 + \frac{\pi}{2} \right) + (T_U - T_L) \left(\frac{\pi}{2} - \theta_2 \right) - \left[\alpha \cos(\theta_2) \right] \right\} \\ \theta_2 &= \sin^{-1} \left[\left(T_U - \frac{T_{\max} + T_{\min}}{2} \right) \div \alpha \right] \end{aligned}$$

Figura 4: Representación de GDD para el Caso 4.

Esta fórmula se desarrolla cuando la temperatura mínima es superior al umbral inferior y la temperatura máxima es superior al umbral máximo. La acumulación de grados-días corresponde a las áreas sombreadas del diagrama donde: TU = Límite superior; TL = Umbral inferior; Tmax = Temperatura máxima; Tmin = Temperatura mínima. (Universidad de California, 2005)

Caso 5 (Completamente por encima de los umbrales)

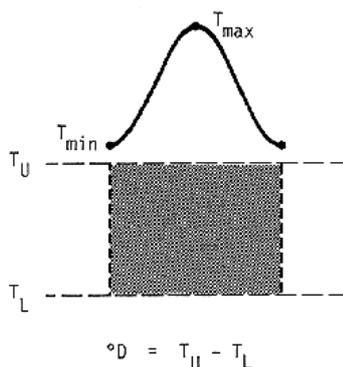
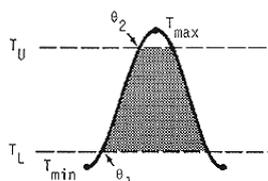


Figura 5: Representación de GDD para el Caso 5.

Esta fórmula se aplica cuando las temperaturas máximas y mínimas, se encuentran por encima de los dos umbrales y se aplica a un período de 24 horas. La acumulación de grados-días corresponde a las áreas sombreadas del diagrama donde:

TU = Límite superior; TL = umbral inferior; Tmax = Temperatura máxima; Tmin = Temperatura mínima. (Universidad de California, 2005)

Caso 6 (Interceptada por ambos umbrales)



$$\begin{aligned}
 \text{GDD} &= \frac{1}{\pi} \left\{ \left(\frac{T_{\max} + T_{\min}}{2} - T_L \right) (\theta_2 - \theta_1) + \alpha [\cos(\theta_1) - \cos(\theta_2)] + (T_U - T_L) \left(\frac{\pi}{2} - \theta_2 \right) \right\} \\
 \theta_1 &= \sin^{-1} \left[\left(T_L - \frac{T_{\max} + T_{\min}}{2} \right) \div \alpha \right] \\
 \theta_2 &= \sin^{-1} \left[\left(T_U - \frac{T_{\max} + T_{\min}}{2} \right) \div \alpha \right]
 \end{aligned}$$

Figura 6: Representación de GDD para el Caso 6.

Se desarrolla cuando la temperatura mínima es menor al umbral inferior y la temperatura máxima es mayor al umbral superior y se aplica a un período de 24 horas. La acumulación de grados-días corresponde a las áreas sombreadas del diagrama donde: TU = Límite superior; TL = Umbral inferior; Tmax = Temperatura máxima; Tmin = Temperatura mínima. (Universidad de California, 2005)

Como se puede observar en los diagramas anteriores, mediante esta metodología se estima el área bajo una curva de temperatura diaria dibujando una curva de seno en un periodo de 24 horas, con las temperaturas máximas y mínimas diarias. Los valores de grados día se determinan como el área dentro de la curva de seno que se encuentra sobre el límite inferior. (Universidad de California, 2005)

2.6.2. **Descripción del Software “DDU” utilizado para el cálculo de GDD.**

Degree Day Utility (“DDU”) es un programa desarrollado por la UC IPM para su uso personal en computadoras. (Universidad de California, 1990)

- El programa incluye cinco métodos para calcular los grados día desarrollo.
- Los cálculos se basan en una serie de indicaciones del sistema y de las respuestas del usuario.
- Los grados día se pueden calcular a partir de las temperaturas en un archivo o de temperaturas que se introduzca desde el teclado de la computadora.
- Los resultados son valores diarios o acumulados y se pueden desplegar en la pantalla o ser almacenadas en un archivo.
- Las tablas de Referencia de grados día se pueden crear e imprimir.
- Más de medio centenar de modelos fenológicos se incluyen en “DDU”, dando umbrales de desarrollo superiores e inferiores, acumulaciones de grados día requeridos para las diversas etapas del desarrollo, la ubicación del estudio, y las referencias.
- Cada modelo fenológico se puede mostrar o imprimir

CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. UBICACIÓN DEL LUGAR DE INVESTIGACIÓN

3.1.1. Ubicación Política

Las tres fincas donde se realizó el proceso de investigación pertenecen a la florícola Florecal S.A., dos de ellas están ubicadas en la provincia de Pichincha, cantón Cayambe, parroquia Cayambe, sector Nápoles. La tercera finca está ubicada en la provincia de Pichincha, cantón Cayambe, parroquia Ayora, sector Santa Clara.

3.1.2. Ubicación Geográfica

Finca 1

	NORTE	SUR
Longitud	W 78° 90'30''	W 78° 09'22''
Latitud	N 0° 03'59''	N 0° 03'39''
Altitud	Min: 2782 m.s.n.m.	Max: 2792 m.s.n.m.

Finca 2

	NORTE	SUR
Longitud	W 78° 09'15''	W 78° 09'04''
Latitud	N 0° 03'50''	N 0° 03'30''
Altitud	Min: 2787 m.s.n.m.	Max: 2801 m.s.n.m.



Figura 7: Mapa satelital de la ubicación de la Finca 1 y 2 del experimento.
Fuente: Google earth

Finca 3

	NORTE	SUR
Longitud	W 78° 09'24''	W 78° 09'19''
Latitud	N 0° 05'06''	N 0° 04'54''
Altitud	Min: 2791 m.s.n.m.	Max: 2800 m.s.n.m.



Figura 8: Mapa satelital de la ubicación de la Finca 3 del experimento.
Fuente: Google earth

3.1.3. Ubicación Ecológica

Zona de vida:	bsMB (bosque seco Montano Bajo)
Altitud:	2820 msnm
Temperatura (media):	13 - 17 °C
Precipitación (mes):	Ene – Jun 100 mm/mes y Jul – Dic 20 mm/mes
Suelos:	Tipo cangahua, presenta características de mezcla residual orgánica. Textura arenosa y limo-arenosa.
Vegetación:	Gramíneas, paja de páramo, arbustos menores, sauce, eucalipto, coníferas y flores (rosas).

Fuente: Datos de la finca.

3.2. MATERIALES

3.2.1. Insumos y equipos

Los insumos que se utilizaron son plantas de rosa de las variedades Freedom, Mondial y O'Hara.

Termo-Higrómetros, flexómetro, calibrador pie de rey, estacas, piolas, rótulos, etiquetas, guantes de caucho, mascarilla, botas de caucho, libreta de campo, hojas de registro, cámara digital, calculadora, computadora.

3.3. MÉTODOS

3.3.1. Diseño Experimental

3.3.1.1. Factores evaluados

Factor 1: Variedades de rosa (V)

Tabla 4: Variedades de *Rosa sp.* evaluadas y simbología

No.	SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN
1	V1	Variedad Freedom
2	V2	Variedad Mondial
3	V3	Variedad O'Hara

Fuente: Autores

Factor 2: Fincas (F)

Tabla 5: Fincas donde se realizó la investigación.

No.	SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN
1	F1	Finca 1
2	F2	Finca 2
3	F3	Finca 3

Fuente: Autores

3.3.1.2. Variedades estudiadas en tres localidades

De la influencia de los factores, se tiene un total de nueve variedades distribuidas en tres localidades como se muestran en la tabla 6.

Tabla 6: Variedades Evaluadas

Variedades	Código	Descripción
1	V1F1	Variedad Freedom +Finca 1
2	V1F2	Variedad Freedom +Finca 2
3	V1F3	Variedad Freedom +Finca 3
4	V2F1	Variedad Mondial +Finca 1
5	V2F2	Variedad Mondial +Finca 2
6	V2F3	Variedad Mondial +Finca 3
7	V3F1	Variedad O'Hara +Finca 1
8	V3F2	Variedad O'Hara +Finca 2
9	V3F3	Variedad O'Hara +Finca 3

Fuente: Autores

3.3.1.3. Tipo de diseño

Debido a la estructura de la investigación, se aplicó un Diseño completamente al azar con un arreglo factorial en la variedad y la localidad con cuatro repeticiones. Modelo ajustado por motivos de logística, espacio y ubicación de las variedades.

3.3.1.4. Repeticiones o bloques

Hubo cuatro repeticiones por cada variedad en cada localidad.

3.3.1.5. Características de la UE

Cada unidad experimental está representada por una cama, en donde aproximadamente se encuentra 400 plantas en producción abierta, las medidas de cada cama es: 30 m x 1 m

3.3.1.6. Croquis del diseño

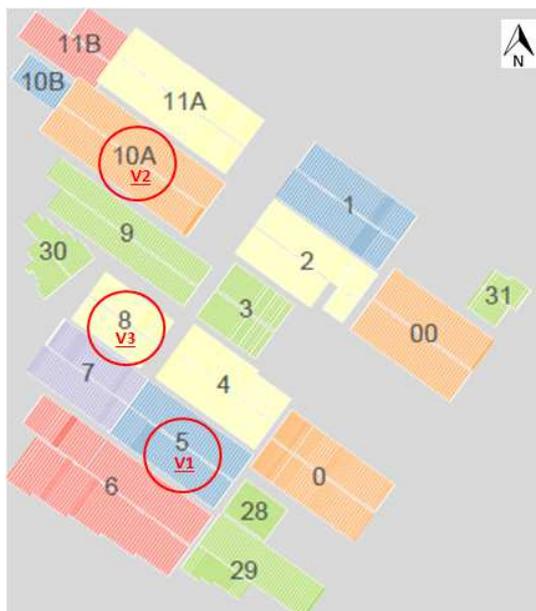


Figura 9: Corquis de ubicación de las tres variedades de *Rosa sp.* en la Finca 1.

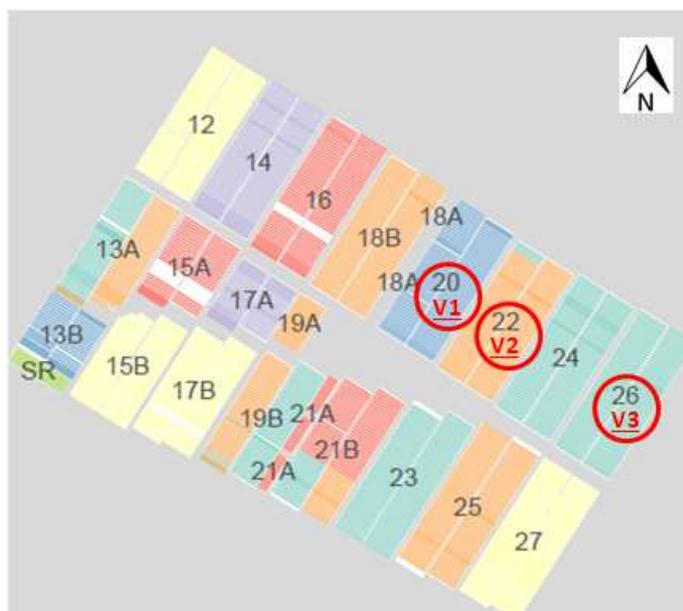


Figura 10: Corquis de ubicación de las tres variedades de *Rosa sp.* en la Finca 2.

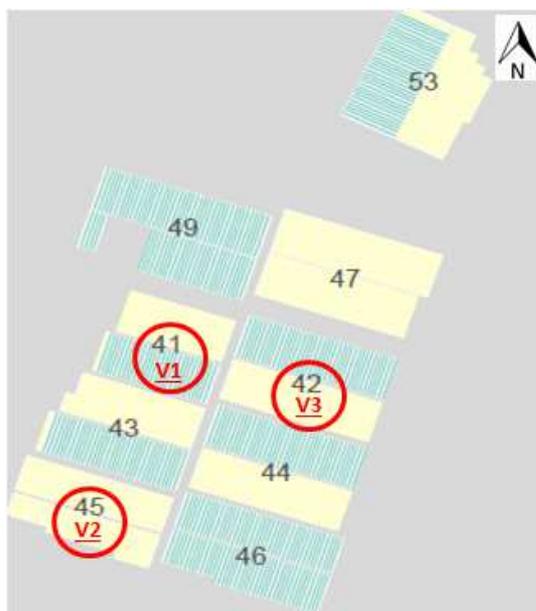


Figura 11: Corquis de ubicación de las tres variedades de *Rosa sp.* en la Finca 3.

Donde:

○ Variedades en estudio

V1 Freedom

V2 Mondial

V3 O'Hara

Número de unidades experimentales por variedad	:	12
Área de las unidades experimentales por variedad	:	360 m ²
Largo	:	30 m
Ancho	:	1 m
Forma de la UE	:	Rectangular
Área total del ensayo	:	1080 m ²

3.3.2. Análisis Estadístico

3.3.2.1. Esquema del análisis de varianza

Se realizó un análisis de variancia de las variedades en un diseño completamente al azar con un arreglo factorial en la variedad y la localidad, como se muestra en la tabla 7.

Tabla 7: Esquema del análisis de varianza combinado Variedad x Localidad

Fuentes de variación	Grados de Libertad
Total	71
Ciclos	1
Variedades	2
Localidades	2
Local.*Var.	4
Error experimental	62

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

Prueba de Tukey al 5% para los Grados Día de las variedades.

Fuente: Autores

3.3.2.2. Coefficiente de variación

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

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

3.3.2.3. Tamaño de la muestra

Para la muestra se tomaron 10 plantas por cama, donde la cama representa la unidad experimental y hubo cuatro repeticiones por variedad y localidad.

3.3.2.4. Análisis funcional

Para comparar los GDD obtenidos, en cada una de las variedades y de las localidades, se realizó la prueba de Tukey, analizando las respectivas Diferencias Mínimas Significativas.

Se realizó el respectivo análisis de las regresiones; para el caso de las predicciones de cosecha, fueron lineales, se obtuvo que no hay diferencia significativa entre los dos ciclos.

Para determinar los GDD en las curvas de crecimiento, se usó una regresión no lineal loglogística, que se ajustó a todas las variedades, y se obtuvo los GDD que se necesitan para llegar a la mitad de la longitud máxima del tallo, y la tasa de crecimiento.

3.3.2.5. Regresiones y correlaciones

Para el caso de las predicciones de cosecha, se usó la regresión lineal simple: $f(x) = ax + b$, donde: a = tasa de cambio; b = intercepto; x = variable independiente

mientras que para las curvas de crecimiento se realizaron regresiones no lineales con un modelo loglogístico: $f(x) = 0 + \frac{d-0}{1+\exp(b(\log(x)-\log(e)))}$, donde: f(x) = altura; d = altura máxima; b = tasa de cambio; x = GDD; e = GDD del 50% de la altura.

3.3.3. Análisis Económico

Se realizó un análisis económico por variedad, tomando en cuenta el número de ciclos que maneja la finca y los calculados en esta investigación, para obtener los costos de producción y utilidades de los mismos, con la finalidad de comparar dichos valores.

3.3.4. Variables Evaluadas

3.3.4.1. Variables Independientes

3.3.4.1.1. Temperatura Máxima

La temperatura máxima se la midió una vez al día con un termo-higrómetro, el cual registró la temperatura máxima en un período de 24 horas. Fue expresado en °C.

3.3.4.1.2. Temperatura Mínima

La temperatura mínima se la midió una vez al día con un termo-higrómetro, el cual registró la temperatura mínima en un período de 24 horas. Fue expresado en °C.

3.3.4.1.3. Grados Día Desarrollo

Los Grados Día Desarrollo fueron calculados todos los días, mediante el Software computacional “DDU” (Degree Day Utility), el cual fue desarrollado por la Universidad de California, después de haber registrado las temperaturas máximas y mínimas ($^{\circ}\text{C}$), para las tres variedades de *Rosa sp.* se consideró como temperatura base $5,3^{\circ}\text{C}$ y como umbral superior 30°C . El método de cálculo que se utilizó fue el de seno simple. El resultado fue expresado en $^{\circ}\text{D}$.

3.3.4.2. VARIABLES DEPENDIENTES

3.3.4.2.1. Días de cambio de estado fenológico

Los días de cambio de estado fenológico, de las plantas seleccionadas de cada variedad, fueron calculados sumando los días que transcurren entre un estado a otro. Para la diferenciación de los respectivos estados fenológicos se tomó en cuenta las características de los mismos que se pueden observar en la tabla 8.

3.3.4.2.2. Altura del tallo

La altura del tallo fue medida con la ayuda de un flexómetro, desde el punto de corte hasta la punta del ápice, este valor fue expresado en centímetros. Se realizó una medición semanal, cuando el brote alcanzó los 2 cm de altura hasta la cosecha.

Tabla 8: Imágenes de cada uno de los estados fenológicos.

	
1. BROTACIÓN	2. HOJA BANDERA
	
3. BOTÓN ARROZ	4. BOTÓN ARVEJA
	
5. BOTÓN GARBANZO	6. MOSTRANDO COLOR
	
7. SÉPALOS	8. COSECHA

Fuente: Autores

3.3.4.2.3. Diámetro del tallo

El diámetro del tallo fue medido con un pie de rey, desde el apareamiento de la quinta hoja verdadera y a la altura de la misma, la cual fue marcada con una cinta de color rojo, este valor fue expresado en milímetros. La medición se realizó una vez por semana conjuntamente con la altura del tallo.

3.3.5. Métodos Específicos para el Manejo del Experimento

La presente investigación se la llevó a cabo en dos cosechas, en las cuales se estudió las mismas plantas, todas las camas del proyecto fueron manejadas de la misma manera, según los protocolos de la Finca y se llevaron registros de los controles fitosanitarios y de fertilización.

Para iniciar la investigación se procedió a rotular las camas de las variedades de *Rosa sp.* en las tres localidades, consecuentemente se realizó el pinch el 15 de Mayo del 2013, la selección y etiquetado de 10 tallos por cama, que presenten similares características (diámetro y número de yemas), para lo cual se utilizó un pie de rey. Conjuntamente, se procedió a tomar diariamente las temperaturas mínimas y máximas registradas en los termómetros de cada invernadero. Para realizar el cálculo de los Grados Día Desarrollo se ingresó los umbrales mínimos y máximos, además de las temperaturas mínimas y máximas diarias, al Software computacional “DDU”, desarrollado por la Universidad de California. A partir del pinch realizado, se procedió a identificar las ocho etapas fenológicas de las variedades: Freedom, Mondial y O'hara, realizando observaciones diarias y registrando las fechas en las

que ocurrieron dichos eventos, con la finalidad de realizar la respectiva correlación con los Grados Día Desarrollo, calculados diariamente. Después de realizar la primera cosecha, se procedió a dar seguimiento a los nuevos brotes de los tallos previamente cosechados, utilizando la metodología ya mencionada. Para la cosecha los puntos de corte que maneja Florecal S.A. fueron: Freedom 6 cm, Mondial 6 cm sin tomar en cuenta los dos pétalos externos y O'hara 5 cm sin contar los dos pétalos externos.

Para realizar las curvas de crecimiento de cada variedad en estudio, se tomaron medidas semanales de las alturas, diámetros y el número de hojas verdaderas de los diez tallos por cama y por variedad. Las alturas se tomaron cuando el brote alcanzó los 2 cm, desde el punto de corte hasta la punta del ápice; los diámetros se midieron desde el apareamiento de la quinta hoja verdadera y a la altura de la misma; el conteo de número de hojas, se lo realizó a partir del apareamiento de la primera hoja verdadera, considerando solamente aquellas que constaron de 5 a 7 folíolos.

3.3.6. Metodología para el último objetivo

Se elaboró una presentación ejecutiva con los resultados obtenidos en la presente investigación, la cual fue difundida el día jueves 17 de abril del 2014 en las oficinas de Florecal S.A. y fue dirigida a los gerentes de producción y técnicos de campo.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. DETERMINACIÓN DE GDD EN OCHO ESTADOS FENOLÓGICOS PARA LAS TRES VARIETADES DE *Rosa sp.*

4.1.1. Comparación de la acumulación de GDD en los ocho estados fenológicos presentes en las dos cosechas.

La acumulación de GDD para las dos cosechas se puede observar en la tabla 9, en la misma que luego de las pruebas de Tukey se identifican 2 categorías en los cuatro primeros estados fenológicos, mientras que en los cuatro últimos existe una sola categoría. Los coeficientes de variación, resultan aceptables para este tipo de estudios, pues fluctúan entre 4.8 % a un máximo de 16.2 %.

Tabla 9: Acumulación de GDD para las dos cosechas.

Ciclos	Brot.	H. bandera	B. arroz	B. arveja	B. garbanzo	M. color	Sép.	Cosecha
May-Ago	311 a	459 a	871 a	921 a	1086 a	1161 a	1233 a	1325 a
Ago-Dic	284 b	386 b	826 b	876 b	1062 a	1154 a	1206 a	1301 a
DMS	22.7	21.9	29.6	29.5	ns.	ns.	ns.	ns.
CV	16.2	10.99	7.4	6.9	5.4	13.57	4.9	4.8

Probablemente el paso de estado hoja bandera a botón arroz, requiere de más energía, debido a un proceso de división celular más activo, que se traduce en este resultado.

Se puede observar que existen diferencias entre los dos ciclos de cultivo en los cuatro primeros estados fenológicos, es decir desde brotación hasta botón arveja,

pero conforme avanza el desarrollo del botón floral y crecimiento de los tallos desde botón garbanzo hasta la cosecha, los ciclos de cultivo se van homogenizando en cuanto a acumulación de GDD; Monroy, Pérez, & Cure (2000), afirman que la variabilidad de la temperatura dentro del invernadero determina el índice del desarrollo (tiempo para floración) en los cultivos de flores.

En el gráfico 1, se observa en forma esquemática la relación de los estados fenológicos, de acuerdo con el modelo matemático obtenido a partir de los GDD, en la primera cosecha.

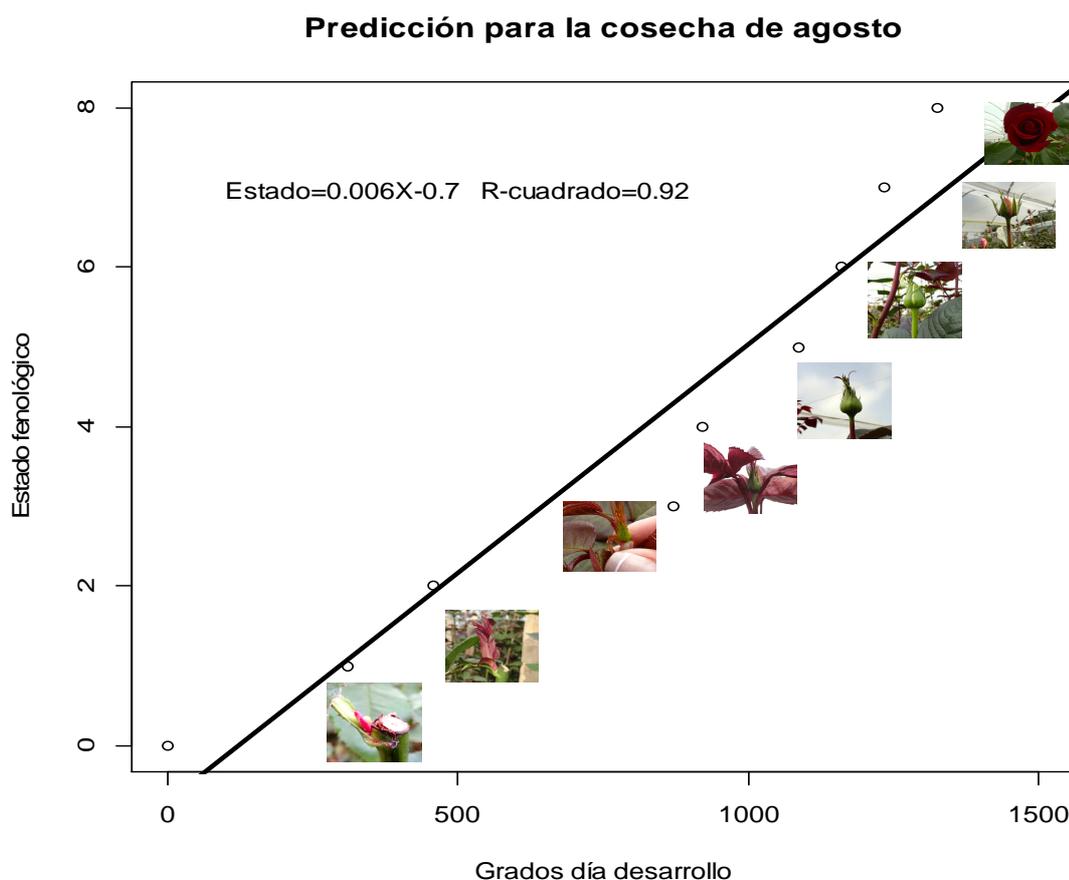


Gráfico 1: Acumulación de GDD en los ocho estados fenológicos (1 = brotación, 2 = hoja bandera, 3 = botón arroz, 4 = botón arveja, 5 = botón garbanzo, 6 = mostrando color, 7 = sépalos, 8 = cosecha) de la primera cosecha, de las tres variedades en las tres localidades.

En el gráfico 2, se observa en forma esquemática la relación de los estados fenológicos, de acuerdo con el modelo matemático obtenido a partir de los GDD, en la segunda cosecha.

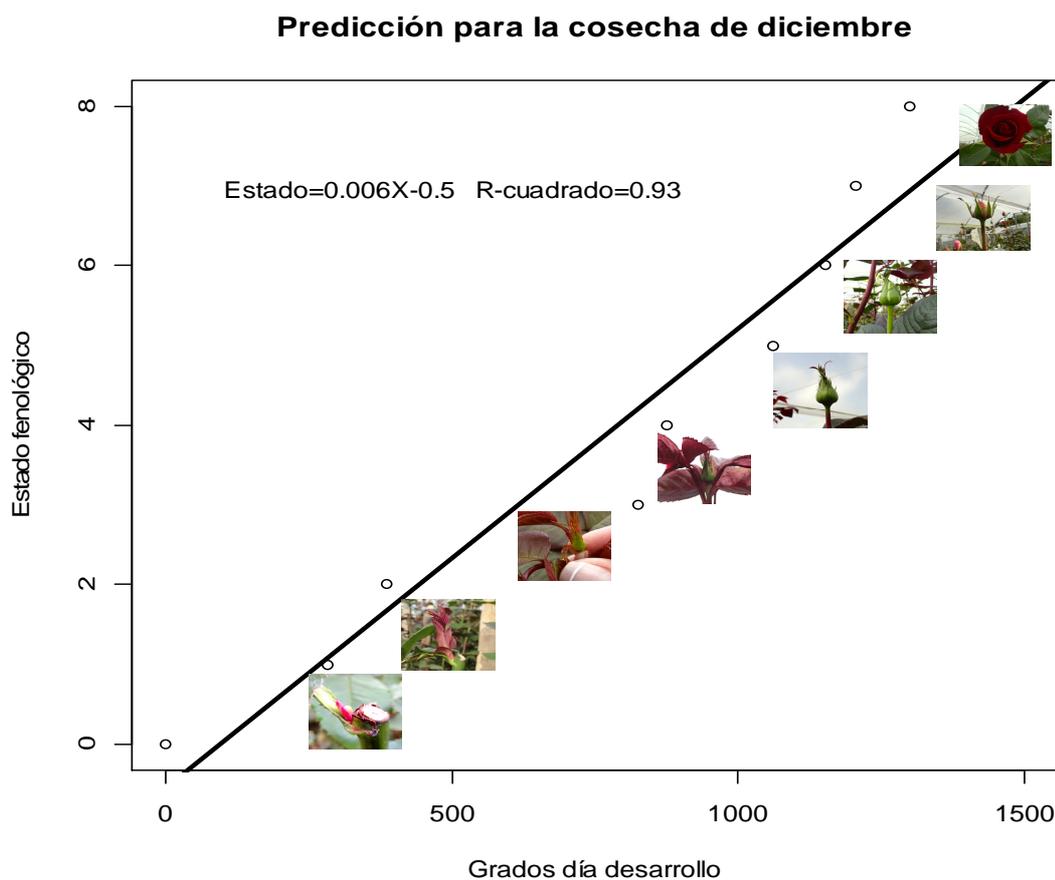


Gráfico 2: Acumulación de GDD en los ocho estados fenológicos (1 = brotación, 2 = hoja bandera, 3 = botón arroz, 4 = botón arveja, 5 = botón garbanzo, 6 = mostrando color, 7 = sépalos, 8 = cosecha) de la segunda cosecha, de las tres variedades en las tres localidades.

Las dos cosechas estudiadas, se ajustan a una función lineal muy similar, la cual tiene un R-cuadrado aceptable, en la primera y segunda cosecha, siendo de 0.92 y 0.93 respectivamente; los estados fenológicos que tienen predicciones más aproximadas son: brotación, hoja bandera y mostrando color.

4.1.2. Acumulación de GDD en las tres localidades

En la tabla 10, se puede observar los GDD promedio acumulados de las variedades, dentro de las tres fincas estudiadas; mediante la prueba de Tukey, se obtuvo dos categorías para siete estados fenológicos, mientras que para el estado mostrando color se obtuvo una sola categoría.

Tabla 10: Acumulación de GDD para las dos cosechas en las tres localidades.

	Brot.	H. bandera	B. arroz	B. arveja	B. garbanzo	M. color	Sép.	Cosecha
F1	276 b	398 b	828 b	877 b	1053 b	1170 a	1192 b	1279 b
F2	311 a	436 a	875 a	925 a	1101 a	1175 a	1258 a	1354 a
F3	304 ab	433 a	843 ab	894 ab	1069 ab	1135 a	1209 b	1308 b
DMS	27.8	26.8	36.2	36.1	33.5	91.6	34.37	36.20
CV	16.2	10.99	7.4	6.9	5.4	13.57	4.9	4.8

Las variedades de la Finca 2, en promedio fueron las que acumularon mayor cantidad de GDD, con un total de 1354 °D desde el pinch hasta la cosecha, probablemente se debe a que las variedades Freedom y O'hara de esta finca fueron las que alcanzaron mayor altura, lo cual se detalla en las tablas 15, 16 y 17. Al obtener la media de la acumulación de GDD de las tres variedades de la Finca 1 y Finca 3, dio como resultado 1279 °D y 1308 °D respectivamente, siendo la acumulación promedio de dichas fincas estadísticamente iguales; el estudio realizado por Monroy, Pérez, & Cure en 2001, indican que las prácticas culturales específicas de cada finca en el desarrollo de la producción, tienen gran importancia en las etapas fenológicas; y en su estudio realizado en el año 2000 afirman que temperaturas muy variables a través del invernadero significan que el tiempo a floración también es variable.

4.1.3. Acumulación de GDD de las tres variedades.

La cantidad promedio de GDD que necesitó cada una de las variedades, se lo puede observar en la tabla 11, en la misma al realizar la prueba de Tukey, se pueden identificar tres categorías para los estados botón arroz y botón arveja, mientras que para brotación, hoja bandera, botón garbanzo, sépalos y cosecha se encuentran dos categorías; y solo para mostrando color se determina una sola categoría.

Tabla 11: Acumulación de GDD para las dos cosechas de las tres variedades.

	Brot.	H. bandera	B. arroz	B. arveja	B. garbanzo	M. color	Sép.	Cosecha
Freedom	307 a	424 ab	799 c	850 c	1037 b	1117 a	1188 b	1292 b
Mondial	324 a	438 a	845 b	895 b	1079 a	1205 a	1248 a	1347 a
O'hara	260 b	406 b	901 a	951 a	1107 a	1158 a	1223 a	1301 b
DMS	27.8	26.8	36.2	36.1	33.5	91.6	34.4	36.2
CV	16.2	10.99	7.4	6.9	5.4	13.57	4.9	4.8

La variedad Freedom y Mondial tienen un comportamiento parecido en los dos primeros estados fenológicos, es decir que necesitan mayor acumulación de GDD que la variedad O'hara, pero para llegar a la cosecha Mondial necesita acumular mayor cantidad de GDD (1347 °D), mientras que O'hara en un principio necesita menos GDD, conforme crece, esta se homogeniza con la variedad Mondial en los estados botón garbanzo, mostrando color y sépalos, pero en el paso de sépalos a cosecha, dicha variedad acumula menor cantidad de GDD, llegando cosecharse con 1301 °D y es estadísticamente igual a la variedad Freedom (1292 °D). El paso de la fase vegetativa a reproductiva se da con el apareamiento del botón arroz, y ocurre en momentos diferentes para cada variedad. Si comparamos estos resultados con otro cultivo obtenemos mayor acumulación de GDD, ya que según CITRA (2010), el cultivo de manzano en la zona de Talca acumula 1016 °D para su cosecha.

Las tres variedades se ajustaron a un modelo lineal, que relaciona los estados fenológicos con los GDD, como se lo puede observar de una forma esquemática en el gráfico 3.

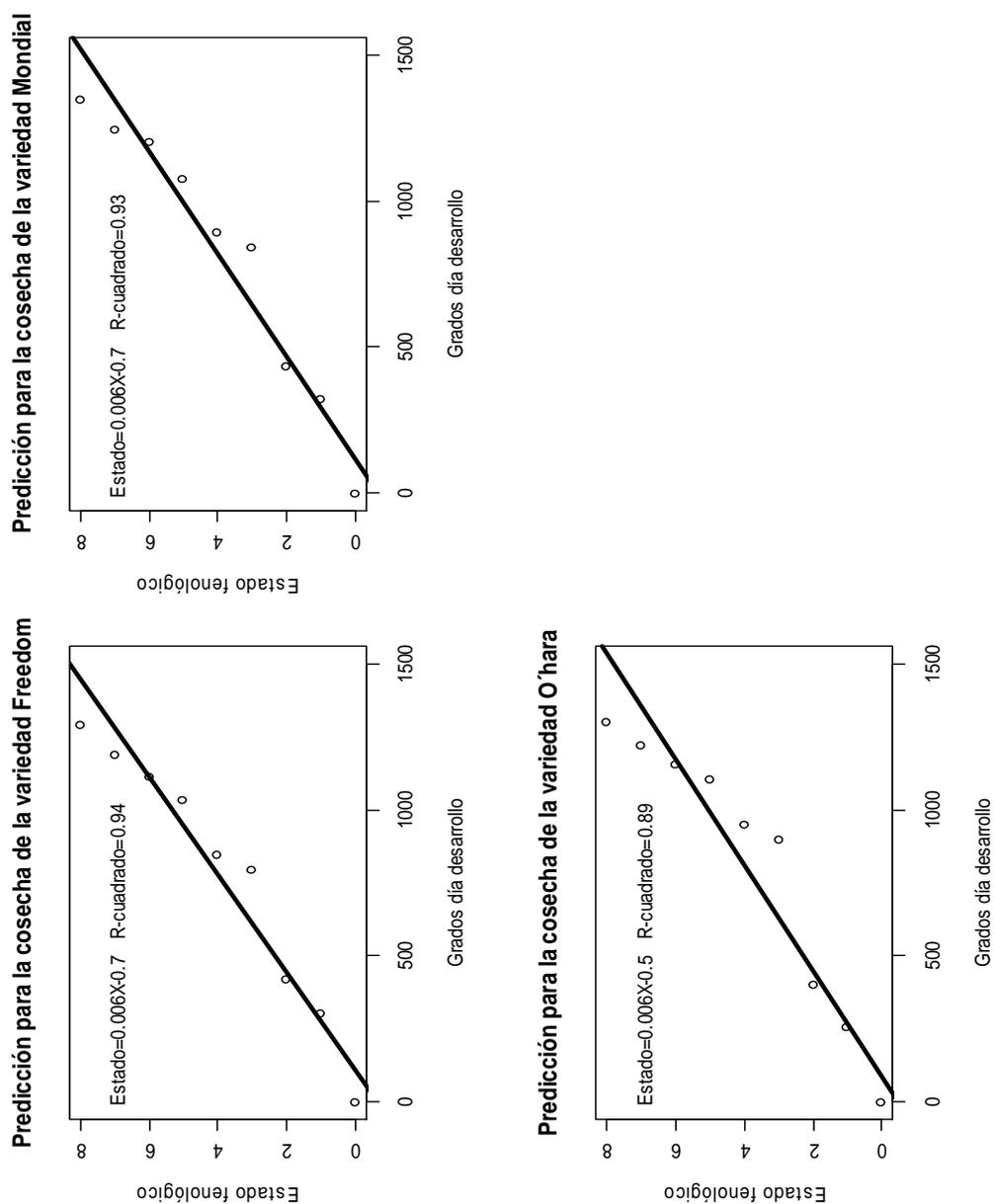


Gráfico 3: Acumulación de GDD en los ocho estados fenológicos (1 = brotación, 2 = hoja bandera, 3 = botón arroz, 4 = botón arveja, 5 = botón garbanzo, 6 = mostrando color, 7 = sépalos, 8 = cosecha) por variedad en las dos cosechas en las tres localidades.

Los R-cuadrados obtenidos para los modelos matemáticos de predicción de cosecha para las tres variedades, son muy aceptables, ya que son de: 0.94 para Freedom, 0,93 para Mondial y 0,89 para O`hara; probablemente la variedad O`hara tenga un menor R-cuadrado porque su comportamiento es un poco diferente que las otras dos variedades estudiadas, puesto que mientras ocurre el desarrollo del botón, la longitud del tallo aún presenta una tasa alta de crecimiento con respecto a Freedom y Mondial, como lo observaremos más adelante en el tema relacionado a las curvas de crecimiento.

En la investigación realizada por Monroy, Pérez, & Cure (2001), en otras variedades, se obtuvieron resultados diferentes en acumulación de GDD desde el pinch hasta la cosecha, para las variedades: Madame Delbart 1007 °D, Charlotte 759 °D, Class y 789 °D y Alsmeer 717 °D, lo cual indica que existen variedades que llegan a cumplir su ciclo de cultivo con menor cantidad de GDD.

4.1.4. Acumulación de GDD y días de cambio en los ocho estados fenológicos de las tres variedades en las tres localidades.

En la tabla 12, se puede observar la acumulación de GDD y los días de cambio entre los ocho estados fenológicos de la variedad Freedom en las tres fincas, en la misma también se puede identificar los resultados obtenidos de la prueba de Tukey, los cuales indican que para todos los estados fenológicos existe una sola categoría en la variable días, mientras que para GDD en el estado hoja bandera existe una sola categoría y el resto de los estados se dividen en dos categorías.

Tabla 12: Días de cambio y acumulación de GDD para los ocho estados fenológicos en las dos cosechas de la variedad Freedom en las 3 localidades.

	FINCA 1		FINCA 2		FINCA 3		Días		GDD	
	Días	GDD	Días	GDD	Días	GDD	CV	DMS	CV	DMS
Brot. 	21 a	273 b	24 a	348 a	22 a	300 ab	19.1	4.4	18.9	60.3
H. bandera 	31 a	489 a	33 a	469 a	31 a	413 a	16.8	5.5	18.5	81.4
B. arroz 	60 a	741 b	62 a	885 a	58 a	772 b	8.1	5.1	8.6	71.7
B. arveja 	64 a	788 b	66 a	939 a	62 a	824 b	7.8	5.2	7.9	70
B. garbanzo 	79 a	984 b	79 a	1121 a	75 a	1005 b	5.9	4.8	5.3	57.3
M. color 	85 a	1059 b	85 a	1206 a	82 a	1086 b	6.4	5.5	5.1	59
Sépalos 	90 a	1129 b	91 a	1288 a	87 a	1148 b	5.5	5.1	5.2	63.7
Cosecha 	96 a	1220 b	99 a	1399 a	94 a	1256 b	5.1	5.1	4.1	55.1

La variedad Freedom en las tres localidades, con respecto a los días que necesita para el cambio de estado fenológico, tiene un comportamiento similar en las tres

fincas y son cosechadas a los 97 días en la finca 1, 99 días en la finca 2 y 94 días en la finca 3; mientras que al hablar de GDD, la variedad de la Finca 1 y 3 en el ciclo de cultivo son estadísticamente iguales en todos los estados fenológicos, llegando a la cosecha con un total de 1220 °D y 1256 °D respectivamente, pero la variedad Freedom en la Finca 2 necesita de mayor acumulación de GDD en su desarrollo fenológico, acumulando un total de 1399 °D a la cosecha y matemáticamente es la que más días necesita para ser cosechada, esto puede deberse a que existen diferentes tasas de crecimiento, ya que en la finca 2, esta variedad llegó a la cosecha con una altura mayor de tallo (100.4 cm).

Estos resultados difieren de los obtenidos por Rodríguez & Flórez (2006), quienes determinaron que para la variedad Freedom se requiere una acumulación de 892.9 °D en 71 días promedio. Lo cual puede deberse a que las condiciones agroclimatológicas y labores culturales influyeron directamente en el desarrollo y crecimiento de las plantas en producción.

En el gráfico 4, se observa de forma esquemática la función lineal a la que se ajustó la variedad Freedom en las tres localidades, este modelo matemático ayuda a predecir la manifestación de los ocho estados fenológicos en función de GDD. (Ver gráfico 4)

Los R-cuadrados obtenidos de las funciones lineales en la variedad Freedom para las tres localidades, son muy aceptables, ya que oscilan entre 0.93 y 0.94; los estados fenológicos que mejor se ajustan a este modelo matemático son: brotación, hoja bandera, botón arveja y mostrando color. (Ver gráfico 4)

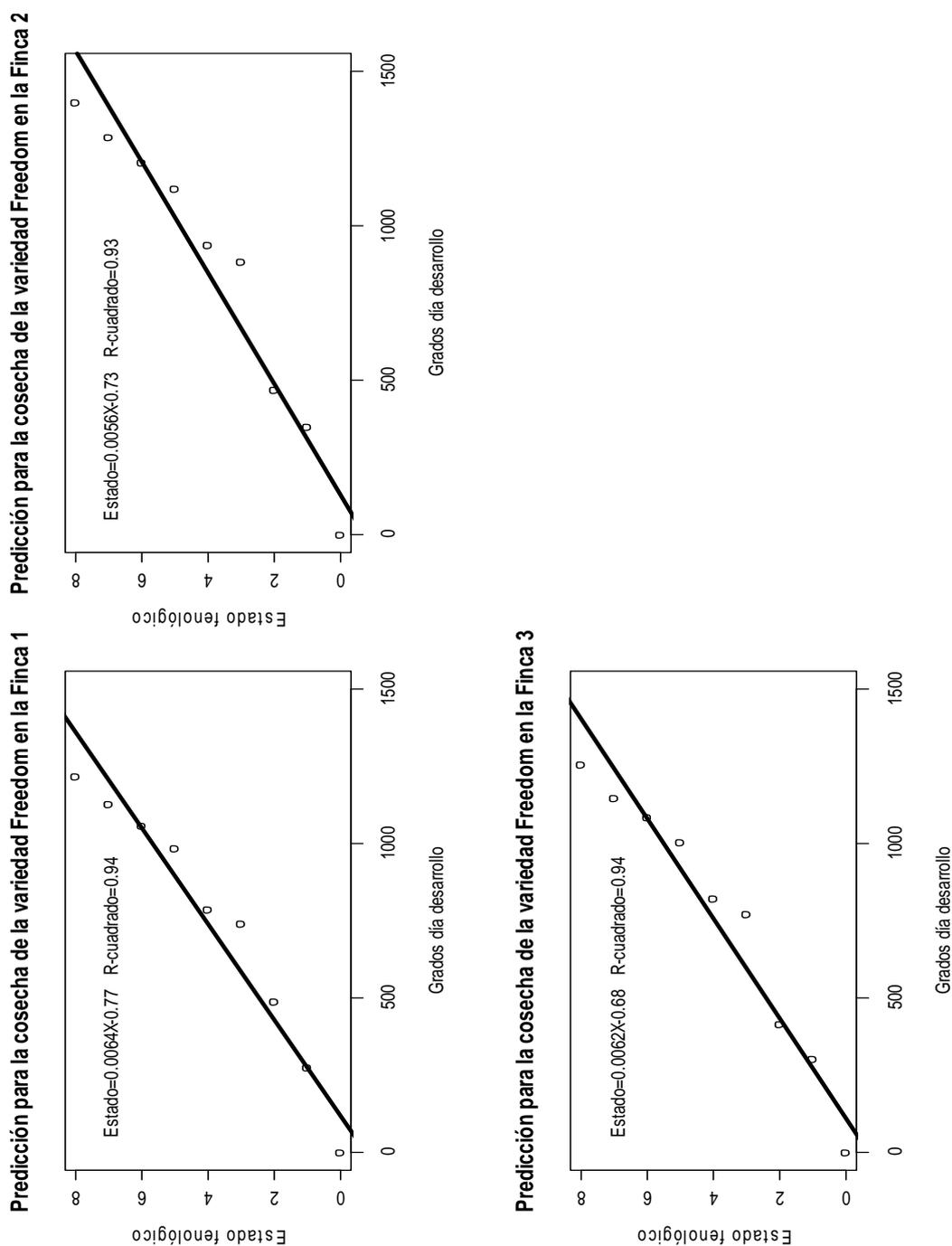


Gráfico 4: Acumulación de GDD para la variedad Freedom en los ocho estados fenológicos (1 = brotación, 2 = hoja bandera, 3 = botón arroz, 4 = botón arveja, 5 = botón garbanzo, 6 = mostrando color, 7 = sépalos, 8 = cosecha) en las tres localidades.

En la tabla 13, se observa la acumulación de GDD y días de cambio entre los ocho estados fenológicos de la variedad Mondial en las tres fincas, en la misma se identifican los resultados obtenidos de la prueba de Tukey, los cuales indican que

para todos los estados fenológicos existen dos categorías en la variable días, mientras que para GDD se obtiene una sola categoría.

Tabla 13: Días de cambio y acumulación de GDD para los ocho estados fenológicos en las dos cosechas de la variedad Mundial en las 3 localidades.

	FINCA 1		FINCA 2		FINCA 3		Días		GDD	
	Días	GDD	Días	GDD	Días	GDD	CV	DMS	CV	DMS
Brot. 	21 b	315 a	22 b	309 a	26 a	350 a	14	3.3	13.5	45.6
H. bandera 	29 b	425 a	30 b	425 a	34 a	465 a	11	3.4	12.5	57.1
B. arroz 	60 b	832 a	61 ab	842 a	63 a	862 a	4.6	3	5.6	50
B. arveja 	63 b	884 a	65 ab	889 a	67 a	911 a	4.5	3.1	5.8	54.3
B. garbanzo 	76 b	1063 a	79 ab	1073 a	80 a	1102 a	3.8	3.1	4.6	52.4
M. color 	81 b	1136 a	84 ab	1150 a	86 a	1170 a	3.8	3.3	16.4	60.1
Sépalos 	89 b	1233 a	91 ab	1246 a	93 a	1267 a	3.3	3.1	4.5	58.3
Cosecha 	96 b	1334 a	98 ab	1340 a	101 a	1366 a	3.7	3.8	4.9	69.1

La variedad Mondial no presenta diferencias significativas en las tres localidades en cuanto a la acumulación de GDD en todo su ciclo de cultivo, es decir que son estadísticamente iguales en los GDD para los ocho estados fenológicos, mientras que al hablar de tiempo en días esta variedad, tiene un comportamiento similar en la finca 1 y 2, pero en la finca 3 su ciclo es mayor. Desde el pinch hasta la cosecha la variedad Mondial acumuló: en la Finca 1, 1334 °D en 96 días promedio; en la Finca 2, 1340 °D en 98 días promedio y en la Finca 3, 1366 °D en 101 días promedio.

En esta investigación la variedad Mondial fue la que mayor cantidad de GDD acumuló, mientras que Rodríguez & Flórez (2006), en su estudio obtuvieron mayor acumulación de GDD para la variedad Madame Delbard con un total de 1085.3 °D en 86 días promedio, que resulte un valor inferior en comparación con nuestra variedad, nos permita entender que existen variedades que pueden requerir más de 1300 GDD, lo cual a la vez significa que en el tiempo también se demora más hasta llegar a la cosecha.

El modelo matemático que mejor se ajustó para la variedad Mondial en las tres localidades fue una función lineal, la cual ayuda a predecir la manifestación de los ocho estados fenológicos en función de GDD, como se muestra en forma esquemática en el gráfico 5.

Los R-cuadrados obtenidos de las funciones lineales en la variedad Mondial para las tres localidades, son muy aceptables, ya que en las tres ecuaciones son de 0.93; los estados fenológicos que mejor se ajustan a este modelo matemático son: brotación, hoja bandera, botón arveja y mostrando color. (Ver gráfico 5)

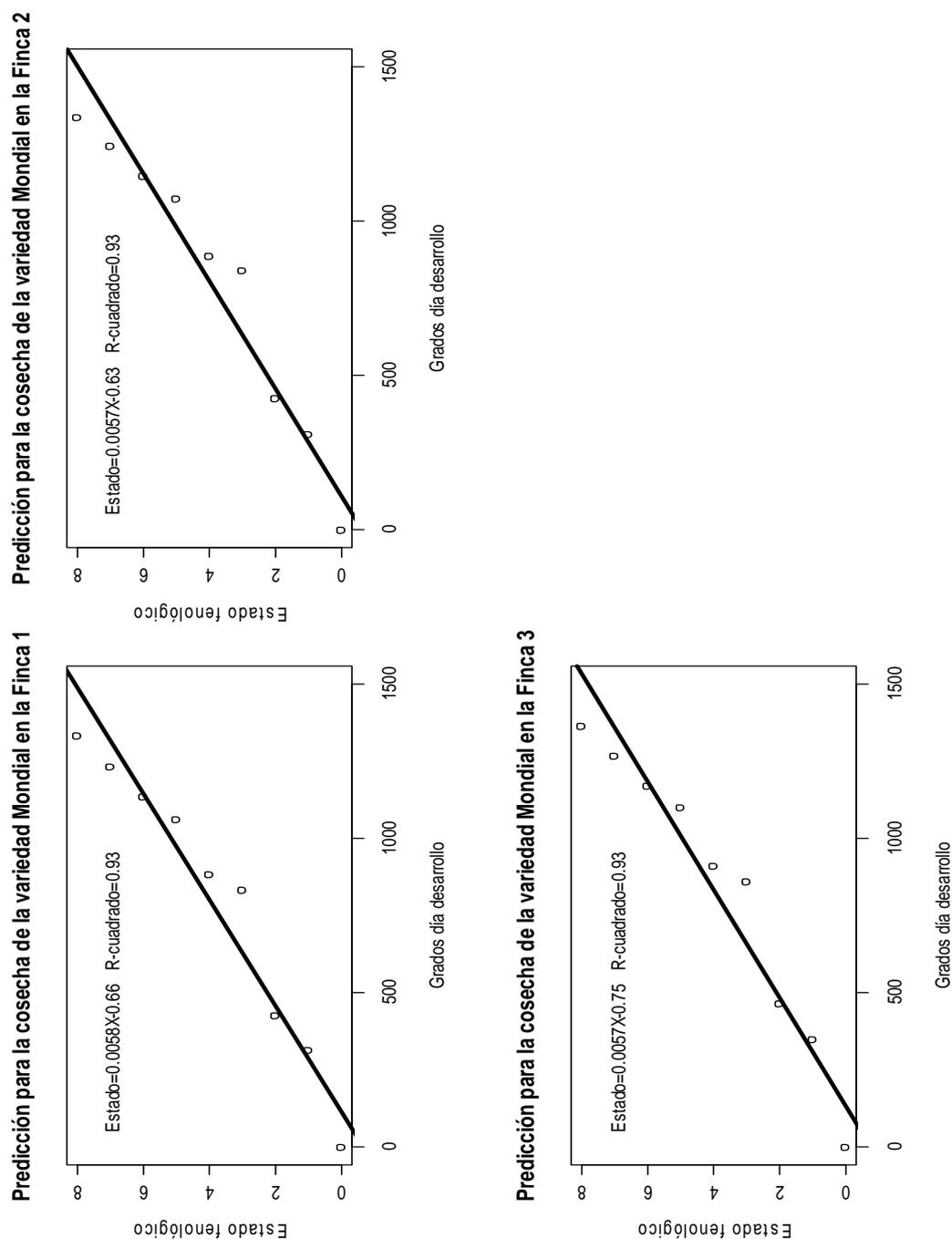


Gráfico 5: Acumulación de GDD para la variedad Mundial en los ocho estados fenológicos (1 = brotación, 2 = hoja bandera, 3 = botón arroz, 4 = botón arveja, 5 = botón garbanzo, 6 = mostrando color, 7 = sépalos, 8 = cosecha) en las tres localidades.

En la tabla 14, se observa la acumulación de GDD y los días de cambio entre los ocho estados fenológicos de la variedad O'hara en las tres fincas, la misma también muestra los resultados obtenidos de la prueba de Tukey, donde la variable días, en

siete de los ocho estados fenológicos tienen una sola categoría, excepto hoja bandera, la cual posee dos, mientras que para GDD se obtiene una sola categoría.

Tabla 14: Días de cambio y acumulación de GDD para los ocho estados fenológicos en las dos cosechas de la variedad O`hara en las 3 localidades.

	FINCA 1		FINCA 2		FINCA 3		Días		GDD	
	Días	GDD	Días	GDD	Días	GDD	CV	DMS	CV	DMS
Brot. 	16 a	242 a	18 a	277 a	19 a	262 a	22.6	4.2	18	48.9
H. bandera 	26 b	379 a	28 ab	416 a	32 a	422 a	11.4	3.4	10	43.2
B. arroz 	66 a	913 a	63 a	897 a	67 a	894 a	10.2	6.9	8.8	82.6
B. arveja 	70 a	960 a	67 a	946 a	71 a	948 a	9.5	6.8	8.1	80.7
B. garbanzo 	81 a	1112 a	79 a	1109 a	82 a	1102 a	7.9	6.6	6.3	72.7
M. color 	84 a	1156 a	83 a	1167 a	86 a	1148 a	7.1	6.3	5.5	66.4
Sépalos 	88 a	1215 a	88 a	1241 a	90 a	1213 a	6.8	6.2	5.3	67.5
Cosecha 	93 a	1281 a	93 a	1322 a	97 a	1301 a	6.9	6.8	5.3	72.7

Al analizar la acumulación de GDD en el desarrollo de los ocho estados fenológicos, la variedad O'hara tiene un comportamiento similar en las tres localidades, es decir que son estadísticamente iguales en todo el ciclo de cultivo, mientras que al hablar de la variable días, únicamente en el estado de hoja bandera existe una diferencia significativa, ya que la finca 3 se demora 6 días más que la finca 1, pero en el resto de los estados el desarrollo fenológico de la variedad en las tres fincas es similar. Los valores promedio obtenidos, desde el pinch hasta la cosecha de dicha variedad son: en la Finca 1, 1281 °D en 93 días; en la Finca 2, 1322 °D en 93 días y en la Finca 3, 1301 °D en 97 días, resultando estadísticamente iguales.

Si comparamos estos resultados, con los obtenidos en la investigación de Monroy, Pérez, & Cure (2001), obtienen para la variedad Almeer una acumulación de 717 GDD en 70 días promedio; lo cual indica que en ciclos de menor número de días, la acumulación de GDD también es menor.

En el gráfico 6, se observa de forma esquemática la función lineal, a la que se ajustó la variedad O'hara, que relaciona los ocho estados fenológicos en función de GDD. (Ver gráfico 6)

Los R-cuadrados obtenidos en la variedad O'hara para las tres localidades, son muy aceptables, ya que en las tres ecuaciones oscilan entre 0.88 y 0.90; aunque son menores a los obtenidos en las otras dos variedades, esto puede deberse a que el comportamiento en el crecimiento y desarrollo de esta variedad es diferente. Los

estados fenológicos que mejor se ajustan a este modelo son: brotación, hoja bandera, botón garbanzo y mostrando color. (ver gráfico 6)

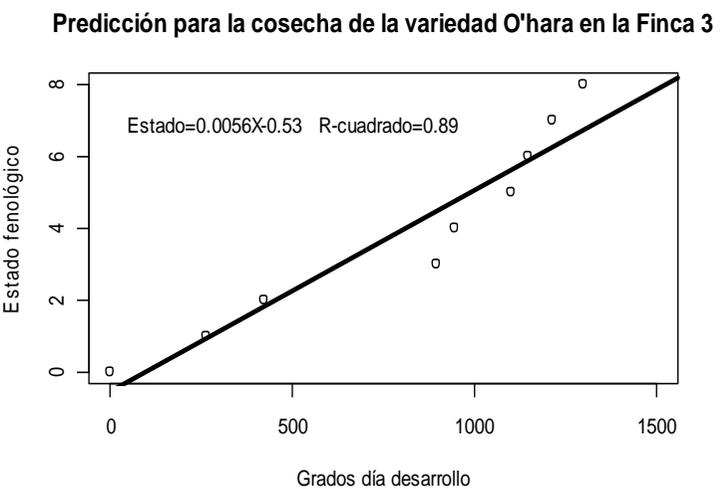
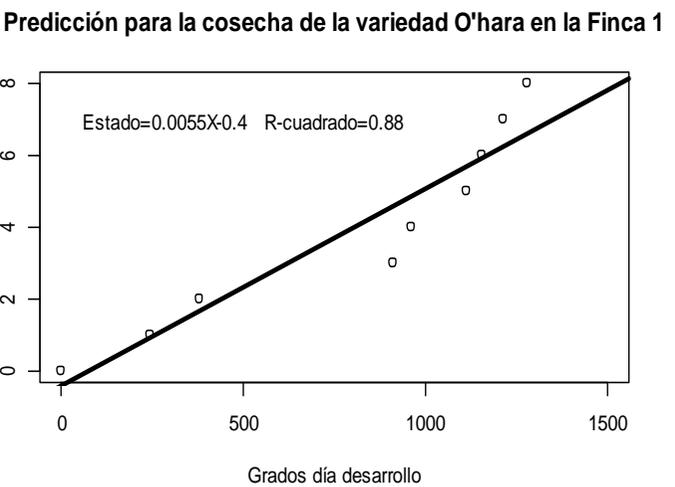
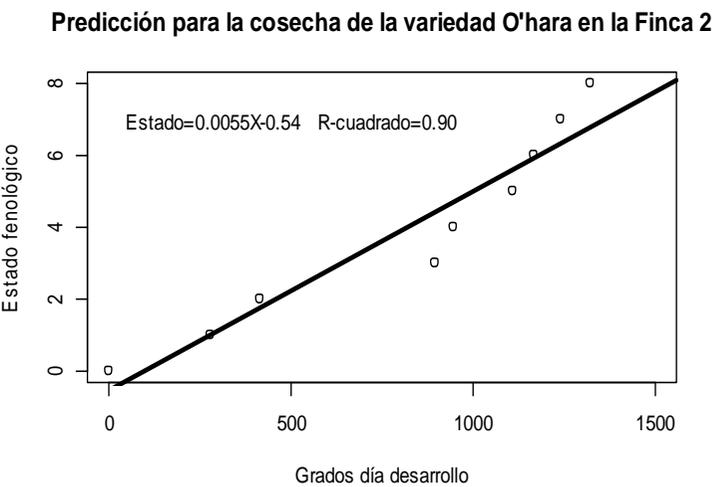


Gráfico 6: Acumulación de GDD para la variedad O'hara en los ocho estados fenológicos (1 = brotación, 2 = hoja bandera, 3 = botón arroz, 4 = botón arveja, 5 = botón garbanzo, 6 = mostrando color, 7 = sépalos, 8 = cosecha) en las tres localidades.

4.2. CURVAS DE CRECIMIENTO DE LAS TRES VARIEDADES DE *Rosa sp.* EN LAS TRES LOCALIDADES.

4.2.1. Curvas de crecimiento para la variedad Freedom.

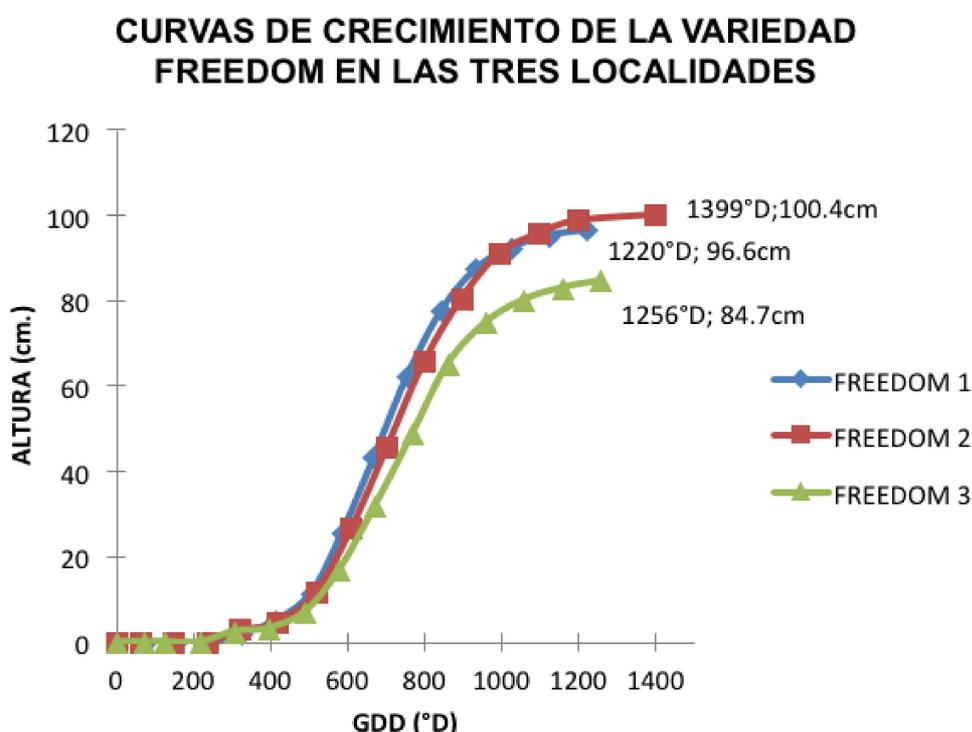
En la tabla 15, se puede observar las medidas promedio de longitud de tallo obtenidas, a lo largo de las dos cosechas, para la variedad Freedom en las tres fincas estudiadas.

Tabla 15: Acumulación de GDD para las alturas de la variedad Freedom en las tres localidades.

FREEDOM FINCA 1			FREEDOM FINCA 2			FREEDOM FINCA 3		
altura (cm)	GDD (°D)	días	altura (cm)	GDD (°D)	días	altura (cm)	GDD (°D)	días
0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	76	6	0	62	6	0	70	6
0	157	12	0	145	12	0	124	12
0	242	19	0	235	19	0	217	19
2	323	26	3	322	26	2.5	307	26
4.9	411	33	4.7	418	33	3.2	395	33
11.5	505	40	11.9	518	40	7.2	490	40
25.6	585	47	26.8	609	47	16.9	578	47
43.3	668	54	45.7	701	54	32.1	672	54
62.3	754	61	65.7	797	61	48.9	768	61
77.7	843	68	80.7	895	68	65.1	859	68
87.5	933	75	91.2	992	75	74.8	957	75
92.4	1024	82	96	1094	82	80.1	1054	82
95.3	1121	89	99	1196	89	83	1156	88
96.6	1220	96	100.4	1399	99	84.7	1256	94

La variedad Freedom de la Finca 2 fue la que mayor altura promedio alcanzó (100.4 cm), también fue la que acumuló mayor cantidad de GDD (1399 °D) en 99 días, mientras que la variedad Freedom de la Finca 3 fue la que menor altura promedio obtuvo (84.7 cm), y acumuló menor cantidad de GDD (1256 °D) en 94 días.

En el gráfico 7, observamos en forma esquemática la función loglogística a la que se ajustó la variedad Freedom en las tres localidades, tomando como referencia la longitud del tallo en función de los GDD. Obteniendo las siguientes ecuaciones: Freedom Finca 1: $altura = 0 + \frac{100.09-0}{1+\exp(-6.32(\log(GDD)-\log(694.65)))}$; Freedom Finca 2: $altura = 0 + \frac{103.74-0}{1+\exp(-6.03(\log(GDD)-\log(726.49)))}$; Freedom Finca 3: $altura = 0 + \frac{88.54-0}{1+\exp(-6.3(\log(GDD)-\log(734.51)))}$.



Freedom Finca 1		Std. Error	% altura	GDD	Std. Error
b:	-6.32	0.12	1:10	490.55	2.93
d:	100.9	0.63	1:50	694.65	2.54
e:	694.65	2.54	1:99	1437.90	23.68
Freedom Finca 2		Std. Error	% altura	GDD	Std. Error
b:	- 6.03	0.15	1:10	504.64	4.02
d:	103.74	0.80	1:50	726.49	3.46
e:	726.49	3.46	1:99	1556.63	33.21
Freedom Finca 3		Std. Error	% altura	GDD	Std. Error
b:	- 6.13	0.20	1:10	513.12	5.06
d:	88.54	0.98	1:50	734.51	4.61
e:	734.51	4.61	1:99	1555.18	43.59

Gráfico 7: Curvas de crecimiento de la variedad Freedom en las tres localidades. Donde: d = altura máxima; b = tasa de cambio; e = GDD del 50% de la altura.

Freedom Finca 1

El comportamiento de esta variedad en la finca 1, indica que por cada 6.32 °D que la planta acumula, el tallo crece 1 cm en el intercepto, es decir cuando la planta alcanza el 50% de su tamaño, esto sucede a los 56 días con 694.65 °D acumulados y el tamaño máximo promedio que puede alcanzar el tallo es de 100.9 cm, después de acumular 1437.90 °D, pero la cosecha se da a los 96 días, después de haber acumulado 1220 °D con una altura de 96.6 cm.

Freedom Finca 2

El comportamiento de esta variedad en la finca 2, indica que por cada 6.03 °D que la planta acumula, el tallo crece 1 cm en el intercepto, es decir cuando la planta alcanza el 50% de su tamaño, esto sucede a los 56 días con 726.49 °D acumulados y el tamaño máximo promedio que puede alcanzar el tallo es de 103.74 cm, después de acumular 1556.63 °D, pero la cosecha se da a los 99 días, después de acumular 1399 °D con una altura de 100.4 cm.

Freedom Finca 3

El comportamiento de esta variedad en la finca 3, indica que por cada 6.13 °D que la planta acumula, el tallo crece 1 cm en el intercepto, es decir cuando la planta alcanza el 50% de su tamaño, esto sucede a los 59 días con 734.51 °D acumulados y el tamaño máximo promedio que puede alcanzar el tallo es de 88.54 cm, después de

acumular 1555.18 °D, pero la cosecha se da a los 94 días luego de haber acumulado 1256 °D con una altura de 84.7 cm.

4.2.2. Curvas de crecimiento para la variedad Mondial.

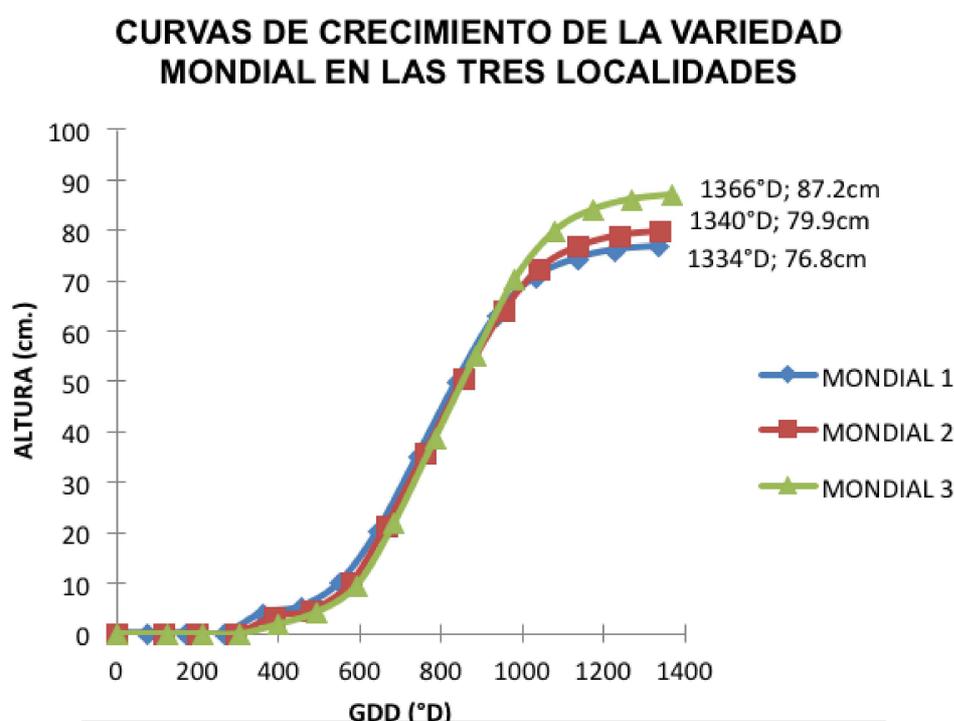
En la tabla 16, se puede observar las medidas promedio de longitud de tallo obtenidas, a lo largo de las dos cosechas, para la variedad Mondial en las tres fincas estudiadas.

Tabla 16: Acumulación de GDD para las alturas de la variedad Mondial en las tres localidades.

MONDIAL FINCA 1			MONDIAL FINCA 2			MONDIAL FINCA 3		
altura (cm)	GDD (°D)	días	altura (cm)	GDD (°D)	días	altura (cm)	GDD (°D)	días
0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	74	6	0	115	8	0	124	9
0	169	13	0	200	15	0	212	16
0	266	20	0	294	22	0	304	23
3.9	359	27	3.3	387	29	1.8	396	30
5.2	454	35	4.6	481	36	4.3	494	37
10	549	42	10	577	43	9.6	592	44
20.3	643	50	21.5	665	50	22	684	51
35.3	742	57	35.9	760	57	38.8	785	58
50.1	838	64	50.7	855	64	55.2	884	65
63.3	936	70	64	953	70	70.4	981	71
70.8	1033	77	72.5	1043	77	80	1080	78
74.4	1135	84	76.8	1135	84	84.2	1172	85
76.1	1228	90	79.1	1241	91	86.3	1269	92
76.8	1334	96	79.9	1340	98	87.2	1366	100

La variedad Mondial de la Finca 3, fue la que mayor altura alcanzó (87.2 cm) y acumuló 1366 °D a los 100 días; seguida por Mondial de la Finca 2, con una altura de 79.9 cm y una acumulación de 1340 °D en 98 días; mientras que la Mondial de la Finca 1 fue la que menor altura (76.8 cm) y GDD obtuvo (1334 °D) en 96 días.

En el gráfico 8, observamos en forma esquemática la función loglogística a la que se ajustó la variedad Mondial en las tres localidades, tomando como referencia la longitud del tallo en función de los GDD. Obteniendo las siguientes ecuaciones: Mondial Finca 1: $altura = 0 + \frac{80.98-0}{1+\exp(-6.02(\log(GDD)-\log(767.88)))}$; Mondial Finca 2: $altura = 0 + \frac{84.32-0}{1+\exp(-6.19(\log(GDD)-\log(794.11)))}$; Mondial Finca 3: $altura = 0 + \frac{91.69-0}{1+\exp(-6.51(\log(GDD)-\log(821.11)))}$



Mondial Finca 1		Std. Error	% altura	GDD	Std. Error
b:	- 6.02	0.30	1:10	533.08	8.25
d:	80.98	1.31	1:50	767.88	7.20
e:	767.88	7.20	1:99	1647.27	70.75
Mondial Finca 2		Std. Error	% altura	GDD	Std. Error
b:	- 6.19	0.21	1:10	556.85	5.77
d:	84.32	1.02	1:50	794.11	5.39
e:	794.11	5.39	1:99	1668.21	49.89
Mondial Finca 3		Std. Error	% altura	GDD	Std. Error
b:	- 6.51	0.19	1:10	586.04	4.83
d:	91.69	0.89	1:50	821.11	4.35
e:	821.11	4.35	1:99	1662.41	38.63

Gráfico 8: Curvas de crecimiento de la variedad Mondial en las tres localidades. Donde: d = altura máxima; b = tasa de cambio; e = GDD del 50% de la altura.

Mondial Finca 1

El comportamiento de esta variedad en la finca 1, indica que por cada 6.02 °D que la planta acumula, el tallo crece 1 cm en el intercepto, es decir cuando la planta alcanza el 50% de su tamaño, esto sucede a los 59 días con 767.88 °D acumulados y el tamaño máximo promedio que puede alcanzar el tallo es de 80.98 cm, después de acumular 1647.27 °D, pero la cosecha se da a los 96 días con 1334 °D y una altura de 76.8 cm.

Mondial Finca 2

El comportamiento de esta variedad en la finca 2, indica que por cada 6.19 °D que la planta acumula, el tallo crece 1 cm en el intercepto, es decir cuando la planta alcanza el 50% de su tamaño, esto sucede a los 60 días con 794.11 °D acumulados y el tamaño máximo promedio que puede alcanzar el tallo es de 84.32 cm, después de acumular 1668.21 °D, pero la cosecha se da a los 98 días con 1340 °D y una altura de 79.9 cm.

Mondial Finca 3

El comportamiento de esta variedad en la finca 3, indica que por cada 6.51 °D que la planta acumula, el tallo crece 1 cm en el intercepto, es decir cuando la planta alcanza el 50% de su tamaño, esto sucede a los 61 días con 821.11 °D acumulados y el tamaño máximo promedio que puede alcanzar el tallo es de 91.69 cm, después de

acumular 1662.41 °D, pero la cosecha se da a los 100 días con 1366 °D y una altura de 87.2 cm.

4.2.3. Curvas de crecimiento de la variedad O'hara.

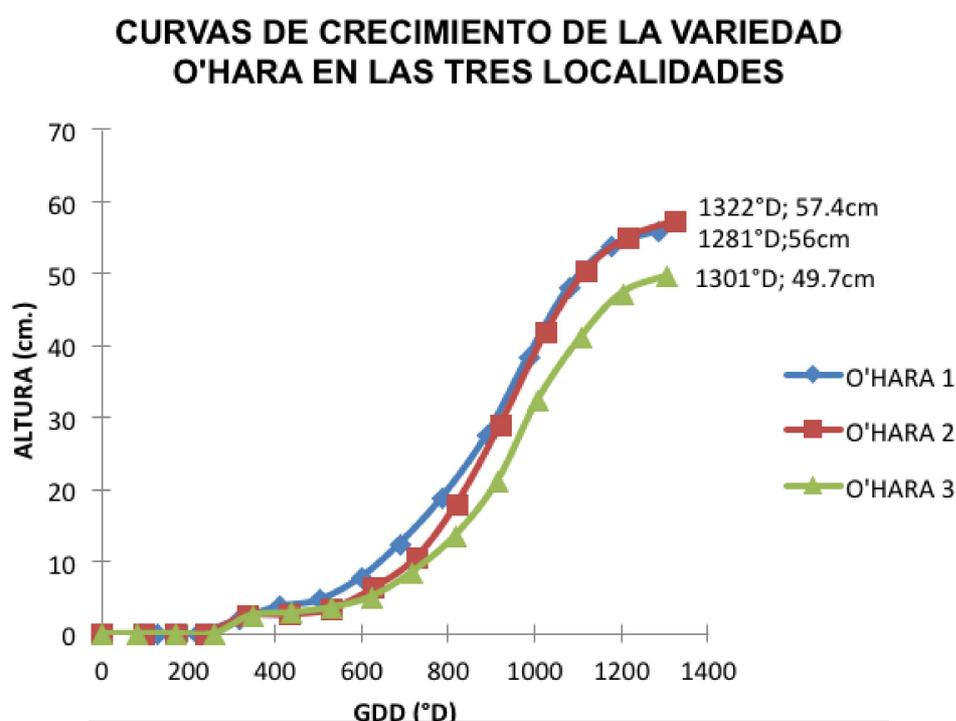
En la tabla 17, se puede observar las medidas promedio de longitud de tallo obtenidas, a lo largo de las dos cosechas, para la variedad O'hara en las tres fincas estudiadas.

Tabla 17: Acumulación de GDD para las alturas de la variedad O'hara en las tres localidades.

O'HARA FINCA 1			O'HARA FINCA 2			O'HARA FINCA 3		
altura (cm)	GDD (°D)	días	altura (cm)	GDD (°D)	días	altura (cm)	GDD (°D)	días
0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	126	10	0	95	8	0	80	7
0	220	17	0	168	14	0	170	14
2	315	24	0	239	21	0	259	21
3.8	408	31	2.5	334	27	2.5	345	28
4.7	501	38	2.7	430	34	2.9	436	35
7.8	597	45	3.4	527	41	3.6	529	41
12.5	687	51	6.3	625	47	5.1	622	48
18.8	783	58	10.5	724	54	8.5	716	55
27.5	887	65	18	818	60	13.6	816	62
38.5	984	72	29.1	920	67	21.1	913	69
48.1	1077	79	41.8	1024	74	32.4	1006	76
53.8	1173	86	50.4	1116	80	41.2	1106	83
56	1281	93	55.1	1213	86	47.3	1200	90
			57.4	1322	93	49.7	1301	97

La variedad O'hara de la Finca 2 fue la que mayor altura promedio alcanzó (57.4 cm), pero también fue la que acumuló mayor cantidad de GDD (1322 °D) en 93 días, mientras que la de la Finca 3 fue la que menor altura promedio obtuvo (49.7 cm), a los 97 días y acumuló 1301 °D.

En el gráfico 9, observamos en forma esquemática la función loglogística a la que se ajustó la variedad O'hara en las tres localidades, tomando como referencia la longitud del tallo en función de los GDD. Obteniendo las siguientes ecuaciones: O'hara de la Finca 1: $altura = 0 + \frac{74.29-0}{1+\exp(-4.61(\log(GDD)-\log(971.49)))}$; O'hara de la Finca 2: $altura = 0 + \frac{66.21-0}{1+\exp(-6.20(\log(GDD)-\log(945.27)))}$; O'hara de la Finca 3: $altura = 0 + \frac{63.64-0}{1+\exp(-5.60(\log(GDD)-\log(1009.03)))}$.



GDD (°D)					
O'hara Finca 1		Std. Error	% altura	GDD	Std. Error
b:	- 4.61	0.47	1:10	602.9	13.72
d:	74.29	6.42	1:50	971.49	43.60
e:	971.49	43.60	1:99	2634.80	374.81
O'hara Finca 2		Std. Error	% altura	GDD	Std. Error
b:	- 6.20	0.52	1:10	663.08	12.58
d:	66.21	3.04	1:50	945.27	19.09
e:	945.27	19.09	1:99	1984.27	156.87
O'hara Finca 3		Std. Error	% altura	GDD	Std. Error
b:	- 5.60	0.66	1:10	681.42	15.022
d:	63.64	5.69	1:50	1009.03	39.56
e:	1009.03	39.56	1:99	2293.31	303.12

Gráfico 9: Curvas de crecimiento de la variedad O'hara en las tres localidades. Donde: d = altura máxima; b = tasa de cambio; e = GDD del 50% de la altura.

O'hara Finca 1

El comportamiento de esta variedad en la finca 1, indica que por cada 4.61 °D que la planta acumula, el tallo crece 1 cm en el intercepto, es decir cuando la planta alcanza el 50% de su tamaño, esto sucede a los 71 días con 971.49 °D acumulados y el tamaño máximo promedio que puede alcanzar el tallo es de 74.29 cm, después de acumular 2634.80 °D, pero la cosecha se da a los 93 días con 1281 °D y una altura de 56 cm.

O'hara Finca 2

El comportamiento de esta variedad en la finca 2, indica que por cada 6.20 °D que la planta acumula, el tallo crece 1 cm en el intercepto, es decir cuando la planta alcanza el 50% de su tamaño, esto sucede a los 69 días 945.27 °D acumulados y el tamaño máximo promedio que puede alcanzar el tallo es de 66.21 cm, después de acumular 1984.27 °D, pero la cosecha se da a los 93 días con 1322 °D y una altura de 57.4 cm.

O'hara Finca 3

El comportamiento de esta variedad en la finca 3, indica que por cada 5.60 °D que la planta acumula, el tallo crece 1 cm en el intercepto, es decir cuando la planta alcanza el 50% de su tamaño, esto sucede a los 76 días con 1009.03 °D acumulados y el tamaño máximo promedio que puede alcanzar el tallo es de 63.64 cm, después de

acumular 2293.31 °D, pero la cosecha se da a los 97 días con 1301 °D y una altura de 49.7 cm.

Las curvas obtenidas en las tres variedades, se ajustan al modelo expuesto por Bidwel (1993), afirmando que un modelo típico de crecimiento de una planta se divide en tres fases: fase logarítmica o exponencial, fase linear y la fase de declinación de la tasa de crecimiento.

4.3. Análisis Económico

En la tabla 18, se puede observar los costos de producción, precios de venta y utilidades por tallo. En la misma, también se detalla los ciclos de producción anuales que maneja la finca y los obtenidos en este estudio.

Tabla 18: Reporte de costos de producción, precios de venta y utilidades de las variedades en estudio.

Variedades	Unidad	Costo	Precio	Utilidad	# ciclos/año Finca	# ciclos/año determinados
Freedom	Tallo	0.27	0.44	0.17	4.15	3.8
Mondial	Tallo	0.27	0.55	0.28	4	3.7
O'hara	Tallo	0.27	0.28	0.13	4	3.9

Se puede observar que el número de ciclos al año que maneja actualmente la finca son mayores a los obtenidos en esta investigación.

Los datos de productividad mensual en base al número de ciclos anuales de cada una de las variedades se detallan en la tabla 19.

Tabla 19: Reporte de productividad de las variedades en base al número de ciclos anuales de la finca y los obtenidos en este estudio.

Variedades	Productividad tallo/planta/mes	Productividad
	Finca	tallo/planta/mes calculada
Freedom	1.06	0.97
Mondial	1.00	0.92
O'hara	0.9	0.88

La productividad que se determinó en esta investigación es menor a la que maneja actualmente la finca, esto se debe a que los ciclos de cultivo obtenidos son más largos, por ende el número de ciclos anuales son menores.

Para obtener los costos y la utilidad diaria por hectárea, se tomó la densidad promedio que maneja la finca de 70000 plantas/ha y se realizaron las siguientes operaciones matemáticas:

Utilidad/ha/día = #plantas/ha * ((productividad*12 meses)/365 días) * utilidad/tallo

Costo/ha/día = #plantas/ha * ((productividad*12 meses)/365 días) * costo prod./tallo

En la tabla 20, se observan los valores obtenidos de costos y utilidad diaria por hectárea de cada una de las variedades, comparando los datos de la finca con los obtenidos en este estudio.

Tabla 20: Reporte de costos y utilidad diaria por hectárea de cada una de las variedades.

	Datos Finca	Datos Tesis	Datos Finca	Datos Tesis
	Costos/ha/día (\$)		Utilidad/ha/día (\$)	
Freedom	658.6	602.7	414.7	379.4
Mondial	621.4	571.7	644.4	592.8
O'hara	559.2	546.8	269.3	263.3

Conocer los GDD es imperativo para las fincas puesto que, cuando se hace proyecciones de producción un día de adelanto o retraso en la cosecha repercute directamente en el costo de producción y la utilidad, lo que quedó demostrado en la tabla 20, donde se observa que los costos de producción diarios calculados en base a los ciclos determinados en este estudio son menores a los que maneja la finca, con una diferencia de: \$ 55.9 para Freedom, \$ 49.7 para Mondial y \$ 12.4 para O`hara; también se reportaron utilidades diarias distintas, con valores inferiores en los datos obtenidos en esta investigación, y la diferencia fue de: \$ 35.3 en Freedom, \$ 51.6 en Mondial y \$ 6 en O`hara.

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. CONCLUSIONES

- Se determinó que la cantidad promedio de GDD necesarios desde el pinch a la cosecha para la variedad Freedom fue de 1292 °D en 96 días, para Mondial fue de 1347 °D en 98 días y para O`hara fue de 1301°D en 94 días.
- Las variedades Mondial y O`hara no presentaron diferencias en todo su ciclo, dentro de las tres fincas estudiadas; mientras que la variedad Freedom presentó diferencias en la acumulación de GDD en la finca 2, ya que su ciclo fue mayor que en la finca 1 y finca 3, donde se comportó de forma similar.
- La variedad Freedom para llegar a brotación necesita 307 °D, para hoja bandera 424 °D, el botón arroz se desarrolló después de haber acumulado 799 °D, pasó a botón arveja a los 850 °D, botón garbanzo a los 1037 °D, para mostrando color requirió 1117 °D, el estado fenológico sépalos se manifestó a los 1188 °D y finalmente la cosecha se dio cuando acumuló 1292 °D.
- La variedad Mondial para llegar a brotación necesita 324 °D, para hoja bandera 438 °D, el botón arroz se desarrolló después de haber acumulado 845 °D, pasó a botón arveja a los 895 °D, botón garbanzo a los 1079 °D, para mostrando color requirió 1205 °D, el estado fenológico sépalos se manifestó a los 1248 °D y finalmente la cosecha se dio cuando acumuló 1347 °D.

- La variedad O`hara para llegar a brotación necesita 260 °D, para hoja bandera 406 °D, el botón arroz se desarrolló después de haber acumulado 901 °D, pasó a botón arveja a los 951 °D, botón garbanzo a los 1107 °D, para mostrando color requirió 1158 °D, el estado fenológico sépalos se manifestó a los 1223 °D y finalmente la cosecha se dio cuando acumuló 1301 °D.
- Se determinó que para las curvas de crecimiento la función que mejor se ajustó fue la loglogística expresada de la siguiente forma: $f(x) = 0 + \frac{d-0}{1+\exp(b(\log(x)-\log(e)))}$, donde: f(x) = altura; d = altura máxima; b = tasa de cambio; x = GDD; e = GDD del 50% de la altura.
- En las variedades estudiadas, la fase de declinación de la tasa de crecimiento se manifiesta con el inicio de la fase reproductiva, o desarrollo del botón floral. Para las variedades Freedom y Mondial existe una marcada declinación de la tasa de crecimiento, mientras que en la variedad O`hara no se presenta de forma tan clara, ya que en la fase reproductiva también existe una alta tasa de crecimiento de la longitud del tallo.
- El modelo matemático que mejor se ajustó a las predicciones de cada estado fenológico fue la función lineal: *estado fenológico* = $aGDD + b$, dando como resultado para la variedad Freedom Finca 1: $ef = 0.0064GDD - 0.77$; Freedom Finca 2: $ef = 0.0056GDD - 0.73$; Freedom Finca 3: $ef = 0.0062GDD - 0.68$; para la variedad Mondial Finca 1: $ef = 0.0058GDD - 0.66$; Mondial Finca 2: $ef = 0.0057GDD - 0.63$; Mondial Finca 3: $ef = 0.0057GDD - 0.75$; para la variedad

O'hara Finca 1: $ef = 0.0055GDD - 0.4$; O'hara Finca 2: $ef = 0.0055GDD - 0.54$;

O'hara Finca 3: $ef = 0.0056GDD - 0.53$.

- Una precisa predicción de producción basada en el GDD, constituye una herramienta fundamental para la toma de decisiones técnicas y gerenciales puesto que, como se ha demostrado en el análisis económico, el retraso o adelanto de las variedades repercute directamente en el costo de producción y en las utilidades obtenidas.

5.2. RECOMENDACIONES

- Para las proyecciones de cosecha de cada una de las variedades, se recomienda a los técnicos de Florecal S.A. utilicen el modelo matemático de GDD determinado en esta investigación, a fin de estimar ciclos de producción, productividad y presupuestos en forma precisa.
- Los floricultores deberán determinar los GDD en las variedades que mantengan en sus fincas, con la finalidad de tener una herramienta tecnológica más adecuada para la predicción de cosecha, acorde al alto desarrollo del sector florícola.
- Para obtener mejores resultados en las longitudes de tallo, se recomienda a los técnicos de campo realizar fertilizaciones en los momentos adecuados de cada variedad, para lo cual se debe utilizar los modelos obtenidos en las curvas de crecimiento.
- Se recomienda que los investigadores apliquen la metodología desarrollada en la presente investigación, luego de una poda en mesa, a fin de mejorar la toma de datos.
- Los resultados obtenidos en esta investigación, representan una herramienta valiosa para las predicciones de cosecha de las variedades estudiadas, sin embargo se recomienda a los técnicos desarrollar métodos de control de clima dentro de los invernaderos con la finalidad de darle un valor agregado a los resultados obtenidos.

- Se recomienda a los investigadores realizar este estudio en otras zonas geográficas de producción de rosas, para determinar las diferencias de comportamiento dependiendo de la zona agroclimática donde están ubicadas, como: Guyallabamba, Tabacundo, Machachi, etc.

BIBLIOGRAFÍA

- Agüero, Ojeda, E., Giraldez, A., Galleguillo, N., Barbieri, G., Zeman, E., . . . Martín, G. *ACUMULACIÓN DE GRADOS-DÍA ENTRE SIEMBRA Y COSECHA Y RENDIMIENTO GRANÍFERO OBTENIDO, EN CEREALES INVERNALES*. Facultad de Agronomía y Zootecnia de la UNT, Tucumán, Argentina.
- Banco Central del Ecuador. (2013). Exportaciones no tradicionales. *Información estadística mensual N°. 1935, mayo 2013*. Ecuador.
- Basaure, P. (Febrero de 2006). *Manual de Lombricultura*. Recuperado el 2 de Abril de 2013, de Fenología Vegetal/conceptos, aplicaciones: <http://www.manualdelombricultura.com/foro/mensajes/18577.html>
- Bidwel, R. (1993). *FISIOLOGÍA VEGETAL*. México: AGT Editor S.A.
- Castillo, H., & Santibáñez, F. *EFFECTO DE LA TEMPERATURA SOBRE LA FENOLOGÍA DEL TRIGO (cultivar Aurifén)*. Agricultura Técnica, Chile.
- Centro de Investigación y Transferencia en Riego y Agroclimatología. (2010). *IMPORTANCIA DEL USO DE REGISTROS AGROCLIMÁTICOS GRADOS DÍA*.
- Chávez, A., & Ayala, D. (2012). *EFFECTO DE SEIS FITORREGULADORES EN LA CALIDAD Y PRODUCTIVIDAD DE FLOR CORTADA DE SEIS VARIEDADES DE Rosa sp. 1,9-12*. Sangolquí, Ecuador.
- ECUADOR CHANNEL. (14 de Marzo de 2009). *ECUADOR CHANNEL*. Recuperado el 2013, de Flowers about in Ecuador: <http://www.ecuador.com/blog/flowers-abound-in-ecuador>
- Fainstein, R. (1997). *MANUAL PARA EL CULTIVO DE ROSAS EN LATINOAMÉRICA*. Ecuador: Ecuaoffset Cia. Ltda.
- Flores, H., Ojeda, W., Flores, H., Mejía, E., & Sifuentes, E. *GRADOS DÍA Y LA PROGRAMACIÓN INTEGRAL DEL RIEGO EN EL CULTIVO DE PAPA*. TERRA Latinoamericana, Chapingo, México.
- FLORINTI S.A. (2000). Manual de estimados de producción y puntos de corte.
- Fonte, A., & Rivero, Z. *MÉTODO DE LOS GRADOS-DÍA. DETERMINACIÓN DE LA TEMPERATURA BASE PARA LA PROVINCIA DE CAMAGÜEY*. Departamento Científico del Centro Meteorológico de Camagüey, Camagüey, Cuba.
- infoAgro. (2006). *infoAgro*. Recuperado el 14 de Marzo de 2013, de El cultivo de las rosas para corte 1era parte: <http://www.infoagro.com/flores/flores/rosas.htm>
- ITESCAM. (s.f.). *FISIOLOGÍA DE LA FLORACIÓN*. 1,2. México.
- Larson, R. (1998). *INTRODUCCIÓN A LA FLORICULTURA*. México: AGT.
- López, J. (1981). *EL CULTIVO DEL ROSAL EN INVERNADERO*. Madrid, España: Mundi-prensa.
- Mancera, L. (2011). *ANÁLISIS DEL DESARROLLO DEL MINICLAVEL Y DE SU PRODUCTIVIDAD CON BASE EN EL MÉTODO DE GRADOS DÍA Y EL DESCABECE EN DIFERENTES ESTADOS FENOLÓGICOS*. Universidad de la Sabana, 17. Chía, Colombia.
- Miralles, D. J., Windauer, L. B., & Gómez, N. V. (2004). *FACTORES QUE REGULAN EL DESARROLLO DE LOS CULTIVOS DE GRANO*. Argentina: Fauba.

- Monroy, N., Pérez, I., & Cure, J. *ESTUDIO DE LA VARIABILIDAD EN EL CLIMA Y LA PRODUCCIÓN DE ROSAS EN LA SABANA DE BOGOTÁ*. Universidad de Los Andes, Colombia.
- Monroy, N., Pérez, I., & Cure, J. *MODELO DE PREDICCIÓN Y MANEJO DE CULTIVOS DE ROSAS*. Universidad de Los Andes, Colombia.
- Muñoz, P. (1998). FISIOLOGÍA DE ROSAS Y SU RELACIÓN CON EL AMBIENTE BAJO INVERNADERO. *Programa de Especialización en Floricultura*, 11. Quito.
- Paillacho, G. (2010). EVALUACIÓN AGRONÓMICA DEL CULTIVO DE ROSA (Rosa sp.), VARIEDAD "ROYAL CIRCUS" A LA APLICACIÓN FOLIAR DE DOS BIOESTIMULANTES ORGÁNICOS CON TRES DOSIS BAJO INVERNADERO. EN TABACUNDO, PICHINCHA. Guaranda, Ecuador.
- Plantec. (s.f.). *Plantec*. Recuperado el 28 de Febrero de 2014, de Variedades: <http://www.plantecuador.com/Spanish/flowersetspa.html>
- PROEXANT. (1993). MANUAL DE MANEJO Y CUIDADO DE LA FLOR CORTADA EN POSTCOSECHA. 6-12. Quito, Ecuador.
- Ramírez, G. (2009). INFLUENCIA DE DOS FITORREGULADORES DE CRECIMIENTO Y DOS COLORES DE MALLA SPIDER, EN LA PRODUCCIÓN DE TRES VARIEDADES DE ROSA, BAJO INVERNADERO. 5. Riobamba, Ecuador.
- Rodríguez, J. C. (2013). RESPUESTA EN CRECIMIENTO Y DESARROLLO EN ROSAS VARIEDAD Classyc BAJO DIFERENTES FÓRMULAS DE FERTILIZACIÓN. 8. Colombia.
- Rodríguez, W., & Flórez, V. (2006). *SCIELO*. Recuperado el 17 de Marzo de 2013, de http://www.scielo.org.co/scielo.php?pid=S012099652006000200006&script=sci_arttext
- Rosen Tantau. (s.f.). *Rosen Tantau*. Recuperado el 28 de Febrero de 2014, de http://www.rosen-tantau.com/cms/index.php?article_id=350&clang=2
- Saldívar, L., & Hugo, R. (2003). *FISIOLOGÍA VEGETAL*. México: Trillas S.A.
- Salisbury, F. B., & Ross, C. W. (2000). *Fisiología de las Plantas*. (J. M. Alonso, Trad.) Madrid, España: Thomson Editores.
- Superintendencia de Bancos y Seguros del Ecuador. (2006). *Superintendencia de Bancos y Seguros del Ecuador*. Recuperado el 17 de Marzo de 2013, de Estudio Sectorial y Crediticio: http://www.sbs.gob.ec/practg/p_index
- Tantau, R. (s.f.). *Rosen Tantau*. Recuperado el 5 de Febrero de 2014, de http://www.rosen-tantau.com/cms/index.php?article_id=350&clang=2
- Universidad de California. (1990). *UC IPM Online*. (D. D. 2.0, Productor) Recuperado el 5 de Febrero de 2014, de Division of Agriculture and Natural Resources: http://www.ipm.ucdavis.edu/PDF/PUBS/ddu_manual.pdf
- Universidad de California. (13 de Diciembre de 2003). *UC IPM Online*. Recuperado el 10 de Febrero de 2014, de Phenology model database: http://www.ipm.ucdavis.edu/PHENOLOGY/ma-onion_thrips.html
- Universidad de California. (2005). *UC IPM Online*. Recuperado el 14 de Marzo de 2013, de Degree Days: Single Sine Method: http://www.ipm.ucdavis.edu/WEATHER/ddss_tbl.html

Vázquez S., L., & Saltos G., N. (2013). *ECUADOR SU REALIDAD* (Vigésima Septiembre 2013 ed.). (E. Tello, Ed.) Quito, Ecuador: Artes Gráficas SILVA.