



UNIVERSIDAD AUTONOMA DEL ESTADO DE MEXICO



CENTRO UNIVERSITARIO UAEM TENANCINGO

IDENTIFICACIÓN DE ESTADOS FENOLÓGICOS Y DETERMINACION DE UNIDADES CALOR EN EL CULTIVO DE ROSA (*Rosa x hibrida*) EN LA REGIÓN FLORICOLA DEL ESTADO DE MEXICO.

TESIS

QUE COMO REQUISITO PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

LICENCIADA EN INGENIERO AGRÓNOMO EN FLORICULTURA.

PRESENTA

MARÍA INES DE LA ROSA TORRES

DIRECTORES

DR. EN C. JAIME MEJIA CARRANZA

M. EN C. RAFAEL ALVARADO NAVARRO

ASESOR

DR. EN C. SOTERO AGUILAR MEDEL

TENANCINGO, MÉXICO, 2013

Tenancingo, México, 8 de octubre de 2012.

L. en G. GABRIELA ALEJANDRA AMBROSIO ARZATE
COORDINADORA DEL DEPARTAMENTO DE EVALUACIÓN PROFESIONAL
CENTRO UNIVERSITARIO UAEM TENANCINGO

PRESENTE

En referencia a la designación de revisora de la TESIS “Identificación de estados fenológicos y determinación de unidades calor en el cultivo de rosa (*Rosa x híbrida*) en la región sur del Estado de México”

El dictamen es: **APROBADO CON COMENTARIOS.**

Los comentarios (sugerencias) están en el texto, que entrego junto con este oficio.

ATENTAMENTE



DRA. MARTHA ELENA MORA HERRERA
PROFESORA INVESTIGADORA TIEMPO COMPLETO
DEL CENTRO UNIVERSITARIO UAEM TENANCINGO

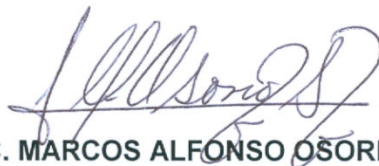
Santiago Tilapa, Méx., a 11 de Octubre de 2012

L. en G. GABRIELA ALEJANDRA AMBROSIO ARZATE
COORDINADORA DEL DEPARTAMENTO DE EVALUACION PROFESIONAL
CENTRO UNIVERSITARIO UAEM TENANCINGO
PRESENTE

En atención a su oficio en el que se me asigna como revisor del trabajo titulado "**Identificación de estados fenológicos y determinación de unidades de calor en el cultivo de rosa (*Rosa x hibrida*) en la región florícola del Estado de México**", presentado por la alumna **María Inés de la Rosa Torres**, con número de cuenta **0113464**. Por este medio me permito informar a Usted que el trabajo lo apruebo, aclarando que es preciso puedan llevarse a cabo las correcciones de forma que me he permitido marcar en el ejemplar de tesis que me fue otorgado, para llevar a cabo su revisión.

Sin otro particular quedo de usted para cualquier aclaración o duda que al respecto pudiese surgir.

Atentamente



M. en C. MARCOS ALFONSO OSORIO NILA

REVISOR

Santa Ana Tenancingo a 23 de octubre del 2012

**MAESTRA GABRIELA ALEJANDRA AMBROSIO ARZATE
COORDINADORA DEL DEPARTAMENTO DE EVALUACIÓN PROFESIONAL
DEL CENTRO UNIVERSITARIO UAEM TENANCINGO
P R E S E N T E**

Por este medio le informo que **MARÍA INES DE LA ROSA TORRES** pasante de la Licenciatura en Ingeniero Agrónomo en Floricultura con número de cuenta 0113464 ha cumplido con las observaciones hechas por revisores de su TESIS titulada **IDENTIFICACIÓN DE ESTADOS FENOLÓGICOS Y DETERMINACION DE UNIDADES CALOR EN EL CULTIVO DE ROSA (*Rosa x hibrida*) EN LA REGIÓN FLORICOLA DEL ESTADO DE MEXICO.**, por lo cual le solicito autorización de impresión para continuar con los tramites correspondientes.

Sin otro particular quedo a sus órdenes para cualquier aclaración.



DR. JAIME MEJÍA CARRANZA

Director de tesis

c.c.p. Quím. Víctor Manuel Díaz Vertiz, subdirector académico del CU Tenancingo

DEDICATORIA

A Dios

Por permitirme el don de la vida, por ayudarme y mantenerme de pie, con fe y esperanza en cada uno de los momentos difíciles de mi vida, por mostrarme nuevos caminos y sobre todo por darme el coraje para salir adelante con cada una de mis metas.

A mis padres

María del Carmen y Rafael, que sin ellos y Dios, hoy no estaría escribiendo estas líneas. A ellos, que siempre están conmigo, que nunca han dejado de confiar en mí.

A mis hermanos

Oscar y Fernanda que soportaron mi mal carácter cuando las cargas de trabajo eran interminables.

A mi esposo

Que está conmigo, en mis desvelos, preocupaciones, en mis dudas, en mis necesidades, que siempre encuentra una solución positiva a cada obstáculo que encuentro en la vida. Esto es resultado también de su esfuerzo.

A mi hija

Violeta que es la luz de mi vida, el motor que me motiva a ser mejor persona cada día, por quien dedico todos mis esfuerzos.

A mis maestros

Que son parte fundamental de mi formación profesional, son el ejemplo a seguir para poder desarrollarme y trabajar como buena persona en el ambiente laboral. Me enseñaron que las cosas se hacen con fe, amor y sobre todo dedicación a cada uno de los proyectos que se me pongan enfrente.

AGRADECIMIENTOS

A La universidad Autónoma del Estado de México, por el financiamiento al proyecto titulado: “Variación Natural de especies reactivas de oxígeno y antioxidantes en variedades de rosal y su relación en la respuesta a estrés” PROMEP/103.5/08/3016.

A mis directores de Tesis

Dr. Jaime Mejía Carranza a quien agradezco de todo corazón la confianza que depositó en mi para desarrollar este proyecto tan importante, además de ser parte fundamental como ejemplo en la vida, por mostrarme que con esfuerzo y dedicación se pueden lograr todos los objetivos en la vida.

M. en C. Rafael Alvarado quien me mostró la parte más bella de la Agronomía, quien también con el amor y la pasión que le tiene a la carrera hace que me sienta más afortunada de pertenecer a esta noble labor.

A los productores

Sr. Armando Isojo (Localidad Los Morales), quien presto sus instalaciones para la toma de datos dentro de sus invernaderos. Al Ing. Juan García (Localidad Santa Ana), que también amablemente me permitió la entrada a sus invernaderos para la toma de datos.

A mis padres

María del Carmen y Rafael, que me ayudaron incondicionalmente tanto económica como moralmente a terminar mis estudios profesionales.

A mis amigos

Horacio, Miguel Ángel, Edgar y Andrés, que fueron parte medular de mi formación profesional, me enseñaron la agronomía no es solo para hombres, y que me tomaron en cuenta para todo y nunca dudaron de mis capacidades para desarrollar alguna actividad.

Resumen

El cálculo de la acumulación de unidades calor requeridas para el cultivo de rosa (*Rosa x hybrida*) durante su ciclo fenológico, son determinantes para cualquier programación del cultivo, para la obtención de rosa en fechas determinadas y para mantener un estándar de temperatura dentro del invernadero. El objetivo de esta investigación fue la identificación de las etapas fenológicas del cultivo de rosa bajo invernadero a partir de unidades calor, desde yema floral hasta corte de flor, en las variedades de rosa Vega y Polo cultivadas en las localidades Los Morales y Santa Ana Ixtlahuatzingo, municipio de Tenancingo, Estado de México. Se evaluaron las variables ambientales: temperaturas máximas y mínimas diarias para la determinación de las unidades calor y su efecto en la variable fenotípica altura de tallo (cm). Los resultados mostraron la existencia de doce etapas fenológicas identificadas durante el desarrollo del cultivo señaladas como: pinch, yema hinchada, yema brotada, brote de 2 a 4 hojas visibles, brote de 6 a 8 hojas visibles, brote de 10 a 12 hojas visibles, inicio de botón, chícharo pequeño, chícharo mediano, chícharo grande, punto color y punto de corte. Las unidades calor acumuladas en el ciclo de producción del cultivo de rosa fueron determinadas con el método de seno doble que fue el que menor coeficiente de variación exhibió (CV=6.5%). En la localidad de los Morales ciclo fenológico del cultivo desde yema inchada hasta punto de corte se cumplió a la acumulación que fue de 901.8 UC para la variedad Polo y 985.2 UC para la variedad Polo; en tanto que en la localidad de Santa Ana el ciclo fenológico del cultivo fue de 917.4 UC y

1022.8 UC para la variedad Polo y Vega respectivamente. Existió una correlación positiva entre la longitud de tallo y las unidades calor acumuladas en las variedades de rosa en ambas localidades. Para Los Morales Vega y Polo tuvieron valores de $r=0.959$ y 0.972 respectivamente. En tanto que en Santa Ana las variedades Vega y Polo dieron valores de $r=0.952$ y 0.947 respectivamente.

Las variaciones que se presentan en la acumulación de unidades calor entre las variedades y entre las localidades para la producción de tallos florales también pudieran estar asociadas al manejo agronómico y de invernadero que se le da al cultivo, repercutiendo en diferentes parámetros asociados a la calidad de la flor y tiempo de corte.

Palabras clave: Unidades Calor, *Rosa x Hibrida*, flor de corte, producción invernadero.

Índice

1	<i>Introducción</i>	1
2	<i>Revisión de literatura</i>	4
2.1	Cultivo de rosa	4
2.1.1	Antecedentes	4
2.1.2	Cultivo	5
2.1.3	Humedad	6
2.1.4	pH	6
2.1.5	Temperatura	6
2.1.6	Hábito de crecimiento	7
2.1.7	Desarrollo de brotes basales	7
2.1.8	Fenología	9
2.2	Unidades calor	14
2.3	Modelos fenológicos	16
3	<i>Justificación</i>	20
4	<i>Hipótesis</i>	21
5	<i>Objetivos</i>	22
5.1	Objetivo general	22
5.2	Objetivos específicos	22
6	<i>Materiales y métodos</i>	23
6.1	Localización del experimento	23

6.2	Material biológico	23
6.3	Condiciones de cultivo.	24
6.4	Diseño experimental	25
6.5	Variables a evaluar	26
6.5.1	Variable fenotípica	26
6.5.2	Variables ambientales	27
6.6	Análisis de la información	27
6.7	Identificación de etapas fenológicas	28
6.8	Métodos para el cálculo de unidades calor.	28
7	Resultados	32
7.1	Identificación de etapas fenológicas	32
7.2	Análisis de los métodos para el Cálculo de unidades calor.	36
7.3	Localidad Los Morales	37
7.3.1	Unidades calor para variedad Vega.	38
7.3.2	Longitud de tallo para variedad Vega.	39
7.3.3	Unidades calor para variedad Polo.	41
7.3.4	Longitud de tallo para variedad Polo.	43
7.4	Localidad de Santa Ana	44
7.4.1	Unidades calor para variedad Vega.	45
7.4.2	Longitud de tallo para variedad Vega.	46
7.4.3	Unidades calor para variedad Polo	48
7.4.4	Longitud de tallo para variedad Polo.	50

7.5	Comparación entre localidades	52
7.6	Comparación de longitud de tallo entre las variedades Polo y Vega de las localidades Los Morales y Santa Ana Ixtlahuatzingo.	53
8	<i>Discusión</i>	57
8.1	Observación de etapas fenológicas	57
8.2	Identificación de etapas fenológicas	58
8.3	Calculo de unidades calor	60
8.4	Correlación	65
9	<i>Conclusiones</i>	68
10	<i>Recomendaciones</i>	69
11	<i>Bibliografía</i>	70
12	<i>Anexos</i>	76

Índice de Figuras

<i>Figura 1. Poda en rosal y nuevos brotes</i>	<i>8</i>
<i>Figura 2. Fórmulas de intervalos de medios días para calcular las unidades calor por el método de triangulación doble, las áreas sombreadas representa la acumulación de las unidades calor acumuladas (Bujanos et al., 1993).....</i>	<i>29</i>
<i>Figura 3. Formulas de intervalos medios de días para calcular las unidades calor por el método de triangulación doble, las áreas sombreadas representan la acumulación de las unidades calor.....</i>	<i>31</i>
<i>Figura 4. Etapas fenológicas en las variedades de rosa Polo y Vega cultivadas bajo invernadero en la región de Tenancingo-Santa Ana Ixtlahuatzingo: a) Pinch, b) Yema hinchada, c) Yema brotada, d) Brote 2 a 4 hojas visibles, e) Brote de 6 a 8 hojas visibles, f) Brote de 10 a 12 hojas visibles, g) Inicio de botón, h) Chícharo pequeño, i) Chícharo mediano, j) Chícharo grande, k) Punto color, l) Corte.....</i>	<i>35</i>
<i>Figura 5. Coeficientes de variación para los métodos UC residual, seno doble y triangulación doble en el cálculo de unidades calor en las localidades de Los Morales y Santa Ana.</i>	<i>37</i>
<i>Figura 6. Elongación de tallo floral por semana en relación a las unidades calor acumuladas en la variedad de rosa Vega, localidad de Los Morales, Tenancingo, Estado de México</i>	<i>39</i>
<i>Figura 7. Curva de crecimiento para la variedad Vega y curva de diferencia de crecimiento entre etapas localidad de Los Morales, Tenancingo, Estado de México</i>	<i>41</i>
<i>Figura 8. Elongación de tallo floral por semana en relación a las unidades calor acumuladas en la variedad Polo en la localidad Los Morales, Tenancingo, Estado de México.....</i>	<i>42</i>
<i>Figura 9. Curvas de crecimiento semanal de tallo floral de rosa variedad Polo y sus diferencias en Los Morales, Tenancingo, Estado de México</i>	<i>44</i>
<i>Figura 10. Elongación de tallo floral por semana en relación con las unidades calor acumuladas entre la variedad de rosa Vega, localidad Santa Ana Ixtlahuatzingo, Tenancingo, Estado de México</i>	<i>46</i>
<i>Figura 11. Curvas de crecimiento de tallo floral por semana y sus diferencias presentadas en el desarrollo de la variedad de rosa Vega, localidad de Sta. Ana, Tenancingo, Estado de México</i>	<i>48</i>

<i>Figura 12. Elongación de tallo floral por semana en relación a las unidades calor acumuladas para la variedad Polo, Localidad de Sta. Ana Ixtlahuatzingo, Tenancingo, Estado de México</i>	<i>50</i>
<i>Figura 13. Elongación de tallo floral por semana en relación a las unidades calor acumuladas en la variedad Polo. Localidad Santa Ana Ixtlahuatzingo, Tenancingo, Estado de México.....</i>	<i>52</i>
<i>Figura 14. Unidades Calor acumuladas en invernaderos de producción de rosa en las localidades de Los Morales y Sta. Ana Ixtlahuatzingo, durante los meses de Diciembre de 2008 y Febrero de 2009.....</i>	<i>53</i>
<i>Figura 15. Comparación de longitudes de tallo en las variedades Vega y Polo en las localidades de Los Morales y Sta. Ana Ixtlahuatzingo, Tenancingo, Estado de México</i>	<i>54</i>

Índice de cuadros

<i>Cuadro 1. Temperaturas promedio mensuales y unidades calor promedio para la localidad de Los Morales, Tenancingo, Estado de México.....</i>	<i>37</i>
<i>Cuadro 2. Relación Unidades Calor por el método de seno doble con longitud de tallo en la variedad “Vega” en la localidad de Los Morales, municipio de Tenancingo, Estado de México.....</i>	<i>38</i>
<i>Cuadro 3. Longitud de tallo en la variedad Vega en la localidad de Los Morales, municipio de Tenancingo, Estado de México.....</i>	<i>39</i>
<i>Cuadro 4. Relación Unidades Calor por el método de seno doble con longitud de tallo en las variedades de rosa Polo en la localidad de Los Morales, Tenancingo, Estado de México.....</i>	<i>41</i>
<i>Cuadro 5. Longitud de tallo en la variedad Polo en la localidad de Los Morales, Municipio de Tenancingo, Estado de México.....</i>	<i>43</i>
<i>Cuadro 6. Temperaturas y unidades calor promedio en la localidad Santa Ana de Diciembre del 2008 a Febrero del 2009.....</i>	<i>44</i>
<i>Cuadro 7. Relación unidades calor con longitud de tallo en la variedad de rosa Vega localidad Santa Ana, Tenancingo, Estado de México.....</i>	<i>45</i>
<i>Cuadro 8. Longitud de tallo en la variedad Vega en la localidad de Santa Ana Ixtlahuatzingo, Municipio de Tenancingo, Estado de México</i>	<i>46</i>
<i>Cuadro 9. Relación de Unidades Calor y longitud de tallo en el cultivo de rosa variedad Polo localidad de Santa Ana, Tenancingo, Estado de México.....</i>	<i>48</i>
<i>Cuadro 10. Longitud de tallo en la variedad Polo, en la localidad de Santa Ana Ixtlahuatzingo, en el Municipio de Tenancingo, Estado de México</i>	<i>50</i>
<i>Cuadro 11. Etapas fenológicas y longitud de tallo para las variedades Polo y Vega respectivamente</i>	<i>55</i>
<i>Cuadro 12. Niveles de significancia entre tratamientos, localidades, variedades y su interacción analizados para longitud de tallo durante 8 semanas.....</i>	<i>56</i>

1 Introducción

La floricultura mundial desde la década de 1970 presentó un crecimiento estable en las áreas de comercialización de flores de corte y en maceta cuyos productos abastecieron principalmente a demanda local, regional y nacional, es decir, la importación no tuvo un gran peso en el comercio, dado que la demanda de flores no rebasó los límites de producción internos.(Ochoa Bautista *et al.*, 2006). Para la década de 1980 la producción de flores de corte registró una modificación, donde Holanda, el principal productor y comercializador del mundo, incremento sus inversiones en diferentes países, entre ellos México, a través de capacitación a productores o bien a través de uniones de productores y empresas privadas y comercialización de semillas y fertilizantes. Con esto surgieron nuevos puntos de producción en otros países, que representó para los poseedores de la tecnología de producción ventajas como disponibilidad de diversidad de suelos, climas menos extremos, mano de obra barata, poca regulación en el cuidado del medioambiente y la cercanía con los principales mercados demandantes del producto. (Barrios F., 2005)

En el continente americano, el buen clima e infraestructura han favorecido la entrada de capital y conocimiento desde el extranjero, que ha alcanzado una buena posición en el comercio mundial. Derivado de lo anterior, la floricultura ha florecido en algunos países, de este continente de los cuales por mencionar a algunos destacan Colombia, Ecuador y México.

En México las condiciones climáticas y de suelos de ciertas regiones permiten un amplio potencial para producir flores. Los estados dedicados a esta actividad son Estado de México que para 2008 contó con aproximadamente 5,864 ha, en el caso de Puebla para el año 2011 con 1,490.00 ha y Morelos con 1,227.90 ha con especies de alrededor de 50 tipos diferentes de flores entre las que destacan Rosa (*Rosa* spp.), Crisantemo (*Chrysanthemum morifolium* R), Gladiola (*Gladiolus* spp), Clavel (*Dianthus caryophyllus* L.), Nube (*Gypsophila paniculata* L), Girasol (*Helianthus annuus* L), Aster (*Aster* spp.), Dálias (*Dalia* spp.), Liliium (*Lilium* spp.), Gerbera (*Gerbera jamesonii* L. Bolus), etc., con comercialización principalmente nacional (Secretaría de Desarrollo Agropecuario, 2006). Particularmente la producción florícola, se encuentra concentrada en el centro del territorio nacional, en el Estado de México, en el cual los municipios con mayor superficie de producción son Villa Guerrero que para el 2010 contó con una superficie cultivada de 3,061.00 ha. En el municipio de Tenancingo se cuenta con una superficie sembrada de 850.5 ha, en las que la especie cultivada más representativa es la rosa con una superficie de 170 has, con una producción total de 1,369,350.00 (Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera, 2004; Ochoa Bautista *et al.*, 2006; Gobierno del Estado de México, 2010). A partir de la década de 1990 el liderazgo de la rosa como flor de corte se ha consolidado debido principalmente a una mejora de las variedades, ampliación de la oferta durante todo el año y a su creciente demanda en mercados exteriores como Alemania, Estados Unidos y Japón los cuales exigen variedades de rosa que cumplan con estándares altos de

calidad. Esto implica que los productores conozcan el manejo y la fenología del cultivo de rosal de tal manera que permitan la programación adecuada de cultivares, además de la detección de las principales plagas y enfermedades que se presenten a lo largo del cultivo para una buena producción de corte.

En la producción de rosa, desde el pinch hasta punto de corte, una de las principales limitantes para los productores es el desconocimiento de la cantidad de horas calor necesarias para que un tallo floral pueda alcanzar su madurez, de ahí la necesidad y motivo de esta investigación de poder establecer e identificar las etapas fenológicas que se presentan en el cultivo y su relación con la temperatura necesaria para el cambio de etapas.

2 Revisión de literatura

2.1 Cultivo de rosa

2.1.1 Antecedentes

La rosa es una planta perenne que forma tallos florales continuamente, con variaciones tanto en cantidad como en calidad y que presenta diversos estadios de desarrollo que van, desde una yema axilar que brota desde la base estructural de la planta hasta un tallo listo para el corte. Las yemas ubicadas en las hojas superiores de un tallo con frecuencia parecen ser más generativas, mientras que las yemas inferiores son vegetativas (De Hoog S. *et al.*, 2001)

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 o inicio' (sobre diámetro de 0,4 cm), 'arveja o chícharo pequeño' (0,5-0,7 cm), 'garbanzo o chícharo grande' (0,8-1,2 cm), 'rayar color o punto color (muestra color) y 'punto corte' (cosecha). El nombre de las 3 primeras etapas es en razón a la similitud del tamaño del brote con el arroz y el chícharo. El estadio 'rayar color o punto 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 'punto corte', es el momento en que la flor llega a un punto de apertura comercial, más no fisiológica (Cáceres *et al.*, 2003)

Clasificación de los principales cultivares de rosa de acuerdo a su color y demanda.

- Rojas (40-60% de la demanda): Vega, Royal bacara, Freedom, Black magic, Red alfa, Grand gala, las cuales son las más demandas en la fechas del 10 al 14 de Febrero (día del Amor y la Amistad en México)
- Rosas (20-40% de la demanda): Laura, Cool wáter, Visión, Titanic.
- Amarillas (en aumento): Golden strike, Leonesa, Sta. Fe, Frisco.
- Naranjas (en aumento): Pareo, Exótica y Vudú.
- Blancas: Virginia, Polo, Anastasia, Akito.
- Bicolores: Leónidas, Dulce vita.

2.1.2 Cultivo

El cultivo de rosa puede llevarse a cabo en dos tipos de producción bajo invernadero y a cielo abierto, de los cuáles el primero es el más utilizado por ventajas de mejor manejo del cultivo y control de plagas y enfermedades. Dentro del invernadero se debe de contar con calefactores que ayuden a la regulación de la temperatura ambiental, particularmente en zonas con temperaturas extremosas o con la presencia de continuas heladas (Salinger *et al.*, 1991)

2.1.3 Humedad

Durante el periodo de brotación de yemas y crecimiento de brotes, es aconsejable una humedad relativa alta (80-90%) a fin de estimular el crecimiento, para posteriormente estabilizarla a valores del 70-75%. Una caída de la humedad relativa por debajo del 69% puede ocasionar ciertos desarreglos fisiológicos en determinados cultivares como deformación de botones, hojas menos desarrolladas, vegetación pobre, caída total de hojas y otros (Bañon A. *et al.*, 1993)

2.1.4 pH

El pH de un medio es importante porque controla una cadena de factores que afectan la salud de la planta. Las plantas sólo toman nutrientes disueltos a través de las raíces. El pH del medio controla las reacciones químicas que determinan si los nutrientes van a ser disponibles para la absorción por las raíces (i.e. solubles), o no disponibles para la absorción (insolubles); El rango óptimo de pH para la producción de rosal se encuentra entre 6.0 y 7.5 (Bañon A. *et al.*, 1993)

2.1.5 Temperatura

Las temperaturas óptimas de crecimiento se considera que son de 17 a 25° C. Bajo temperaturas elevadas, las flores son pequeñas con pocos pétalos y de color pálido. Temperaturas frías o temperaturas nocturnas, continuamente por debajo de 15° C, también afecta seriamente a la planta. El crecimiento se atrasa, las flores desarrollan mayor número de pétalos, se deforman y aplanan (Yong, 2004)

2.1.6 Hábito de crecimiento

El rosal como planta se puede clasificar como arbusto perenne caducifolio a temperaturas por debajo de 12° C de otoño a primavera. En tanto que a temperaturas por encima de los 15° C las plantas continúan creciendo y floreciendo. Normalmente las rosas de invernadero no constituyen una estructura permanente; los vástagos crecen a partir de la base, (se conocen como vástagos o basales a los tallos que producirán una flor). Tras la remoción de la flor, se desarrolla un brote de la yema apical; ésta normalmente también produce una flor de modo que la planta gana altura; pero también se desarrollan nuevos vástagos basales, de modo consecuente, así que tras dos temporadas el vástago original se poda (Salinger *et al.*, 1991)

2.1.7 Desarrollo de brotes basales

Los brotes basales son tallos vigorosos que se desarrollan en la base de la planta; constituyen la estructura del rosal y determinan el potencial para producir flores, se desarrollan a partir de yemas axilares que se encuentran dentro de las escamas de las yemas ubicadas en la base de la planta (Figura 1). En general existen seis o siete yemas basales potenciales que son secundarias dentro de la yema utilizada en la propagación, en la mayoría de los casos solo las dos yemas inferiores entre las yemas potenciales producen brotes basales.

Para que la brotación tenga lugar es necesario que las condiciones nutricionales, hídricas y ambientales a las que esté sometida la planta sean favorables (Van Den

Berg, 1987) Se considera que una yema ha brotado cuando tiene una longitud de 10 milímetros y está en crecimiento constante.

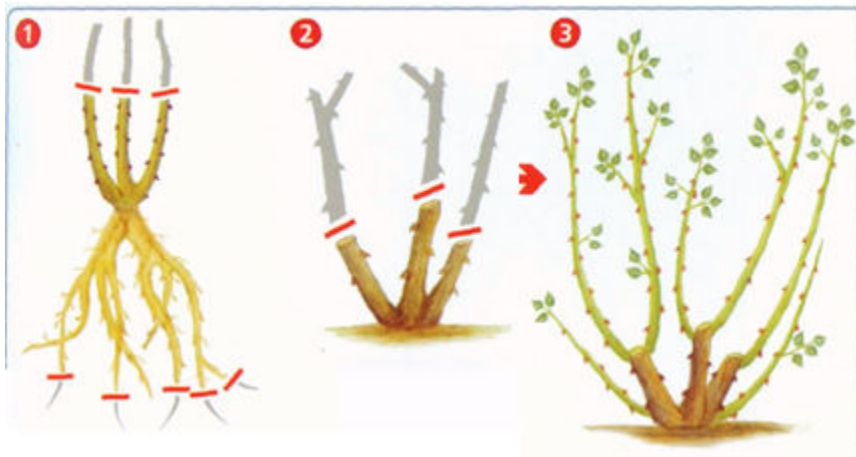


Figura 1. Poda en rosal y nuevos brotes

La cantidad de hojas es un factor determinante para la producción de la rosa, y por esta razón el doblamiento de los tallos o “agobio” se ha convertido en parte esencial de la producción de esta flor durante los últimos años, ya que permite aumentar el área foliar, además de que por el aumento de aireación de las plantas se evitan la formación de microclimas. Los tallos son una fábrica de crecimiento vegetal, debido a que en las hojas se forman azúcares a partir de CO_2 y H_2O , los cuales son utilizados por la planta para su desarrollo. (De Hoog S. *et al.*, 2001)

2.1.8 Fenología

La forma más adecuada para obtener una productividad alta en rosal es conocer la fenología y la cantidad de unidades calor (o llamadas también horas calor o grados día, y que para efecto de este trabajo de investigación se considerará el termino unidades calor) que necesita para cambiar de un estado fenológico a otro, pero también es fundamental conocer las bases para la determinación de estas etapas fenológicas en cualquier cultivo, para ello es importante considerar que Fournier (Fournier O. *et al.*, 1975) definió la fenología como el estudio de los fenómenos biológicos acomodados a cierto ritmo periódico como la brotación, la maduración de los frutos y otros. Estos fenómenos se relacionan con el clima de la localidad en que ocurre; y viceversa, de la fenología se puede obtener secuencias relativas al clima y sobre todo el microclima cuando ni uno, ni otro se conocen debidamente.

Los eventos comúnmente observados en cultivos agrícolas y hortícolas son: siembra, germinación, emergencia (inicio), floración (primera, completa y última) y cosecha. Los eventos adicionales observados en ciertos cultivos específicos incluyen: presencia de yema, aparición de hojas, maduración de frutos, caída de hojas para varios árboles frutales (Villalpando I. *et al.*, 1993)

El periodo entre dos distintas fases se llama estado fenológico(Villalpando I. *et al.*, 1993). La designación de diferentes estados fenológicos significativos varía con el tipo de planta en observación.

Las etapas fenológicas son las diferentes fases del rosal a lo largo de su ciclo anual. Se considera del máximo interés la divulgación y conocimiento de los estados fenológicos para saber la fase concreta en la que se encuentra la plantación, dado que existe una relación muy directa entre las fases de agentes dañinos y el cultivo. Conociendo la etapa fenológica se puede planificar de forma muy precisa la realización de los tratamientos, para conseguir la máxima eficacia y evitar los peligros de fitotoxicidad, por exceso de aplicación de pesticidas.

A la hora de determinar el estado fenológico de un cultivo hay que tener en cuenta que la evolución de los órganos no se realiza de manera simultánea dentro de una plantación, aun cuando estén dentro de una misma planta. Por ello Se debe elegir como determinante, el estado más frecuente en nuestra plantación.

El ciclo biológico cambia con el genotipo y con los factores del clima, esto quiere decir, que las plantas del mismo genotipo sembradas bajo diferentes condiciones climáticas pueden presentar diferentes estados de desarrollo después de transcurrido el mismo tiempo cronológico. Por lo que cada vez cobra mayor importancia el uso de escalas fenológicas que permiten a la vez, referirse a las observaciones y prácticas de manejo del cultivo en una etapa de desarrollo determinado.

Dado que el producto final de un cultivo, no es sino la consecuencia de un proceso derivado de las actividades agrícolas efectuadas durante todo el ciclo, para los

investigadores y productores se hace necesario el conocimiento de la fenología agrícola y la posible duración de las diferentes etapas.

El estudio de los eventos periódicos naturales involucrados en la vida de las plantas se denomina fenología (Volpe, 1992; Villalpando I. *et al.*, 1993; Schwartz, 1999) palabra que deriva del griego *phaino* que significa manifestar, y *logos* tratado. (Fournier O. *et al.*, 1975) señala que es el estudio de los fenómenos biológicos acomodados a cierto ritmo periódico como la brotación, la maduración de los frutos y otros. Como es natural, estos fenómenos se relacionan con el clima de la localidad en que ocurre; y viceversa, de la fenología se puede sacar secuencias relativas al clima y sobre todo al microclima cuando ni uno, ni otro se conocen debidamente.

Fase: La aparición, transformación o desaparición rápida de los órganos vegetales se llama fase. La emergencia de plantas pequeñas, la brotación de la vid, la floración del manzano son verdaderas fases fenológicas (Torres R., 2006)

Etapas: Una etapa fenológica está delimitada por dos fases sucesivas. Dentro de ciertas etapas se presentan períodos críticos, que son el intervalo breve durante el cual la planta presenta la máxima sensibilidad a determinado elemento, de manera que las oscilaciones en los valores de este fenómeno meteorológico se reflejan en el rendimiento del cultivo; estos periodos críticos se presentan generalmente poco antes o después de las fases, durante dos o tres semanas. (Torres R., 2006). El término fenología se cree tuvo su primer uso por el botánico belga Charles Morren

en 1958, sin embargo, la observación de eventos fenológicos data de varios siglos atrás en la antigua China, quienes desarrollaron calendarios fenológicos, siglos antes de Cristo (Pérez D. A., 2010)

Desde hace mas de 200 años algunos agricultores de los E.E.U.U. iniciaron sus registros de las fechas de siembra, emergencia, foliación, caída de hojas, y otros, de muchas especies de plantas. Luego del desarrollo del termómetro se hizo posible correlacionar estas etapas del desarrollo con el clima, especialmente con la temperatura y humedad. En 1918 Andrew Hopkins (Hopkins, 1919) estableció la ley Bioclimática, ampliada en 1938, donde se recomienda el uso de observaciones fenológicas en lugar de observaciones meteorológicas ya que las primeras integran los efectos del microclima y los factores edáficos en la vida de las plantas, de tal forma que otro instrumento no lo puede hacer.

Existen dos formas de aplicación de las observaciones fenológicas para llegar a ciertas conclusiones (Alcántara R., 1987).

1. Variables Independientes. El uso de los eventos fenológicos como una herramienta para la investigación micro climática. Los eventos fenológicos representan a sus propios parámetros climáticos, por lo que pueden ser tratados independientes sin consultar el clima local.
 - a. Comparación de eventos diferentes para la misma especie en la misma localidad, diferentes épocas. Ej. Comparación de la fase de

brotación, floración para la rosa, sembradas en dos fechas diferentes.

- b. Comparación del mismo evento particular de la misma especie en localidades diferentes. Ej. Comparación de la fase de floración de rosal en diferentes lugares del país.
- c. Comparación de eventos de especies diferentes establecidas al mismo tiempo y en la misma localidad. Ej. Comparación de la fase de floración en cítricos (*Citrus* spp.), mango (*Mangifera indica* L.) y aguacate (*Persea americana* M.) que ocurren en las mismas fechas y en el mismo lugar.
- d. Comparación de eventos de especies diferentes que ocurren a tiempos diferentes en la misma localidad. Ej. Comparación de la brotación en diferentes cultivos que se presentan en distintas épocas del año en el mismo lugar.

2. Variable Dependiente. El uso de los eventos fenológicos como integradores de los efectos microclimáticos sobre plantas y animales.

- a. El uso de eventos biológicos (aparición de plagas y enfermedades) como indicadores de la presencia o ausencia de ciertos factores ambientales.
- b. Varias combinaciones de datos ambientales y fenológicos para llegar a ciertas conclusiones o hacer predicciones respecto a las respuestas vegetales.

Cada etapa fenológica está determinada por la temperatura, la cual dependiendo de su acumulación marcará el cambio de una etapa a otra, para ello es importante el cálculo de estas unidades calor necesarias para obtener un tallo floral.

2.2 Unidades calor

Después de la germinación y en forma gradual, la temperatura del aire se vuelve de gran importancia para las etapas vegetativa y generativa. Es muy importante tener en consideración que el punto crítico es variable para diferentes cultivos, generalmente es una temperatura cercana a 6°C o 7°C, a partir de la cual entra en actividad (crecimiento) la planta, por lo que en primer lugar debe determinarse ese Punto Crítico para el cultivo de interés y posteriormente correlacionar las unidades calor con cada etapa del cultivo, con la formación de nudos, etc.

Las unidades calor se han usado también en la predicción de épocas de cosecha; El método residual es el que más se ha utilizado para la estimación de unidades calor y consiste en:

$$Uc = (TM - PC)$$

Donde:

Uc = Unidades calor para un día (grados calor día)

TM = Temperatura media = (T máx -T mín)

PC = Punto Crítico

La temperatura controla la tasa de desarrollo de muchos organismos, que requieren de la acumulación de cierta cantidad de calor para pasar de un estado a otro en su ciclo de vida (en el caso del rosal las horas calor que necesita para pasar de la etapa de 'inicio' a la formación de un 'chícharo pequeño'). La medida de este calor acumulado se conoce como Tiempo Fisiológico, y teóricamente este concepto involucra la combinación adecuada de grados de temperatura y el tiempo cronológico, el cual siempre es el mismo (Villalpando I. *et al.*, 1993)

En términos generales, debajo de una temperatura umbral mínima determinada genéticamente para cada organismo, el desarrollo no ocurre o es insignificante. Sobre dicha temperatura, el desarrollo se incrementa hasta llegar a un pico o intervalo, donde la velocidad del desarrollo es máxima. A partir de ahí, el desarrollo decrece nuevamente hasta llegar a ser nulo en una temperatura umbral máxima, estos valores se conocen como Temperaturas Cardinales (Ruiz, 1991)

En algunos casos pueden ser utilizado segmentos de la curva de desarrollo para fines específicos, como la estimación de temperatura base.

El concepto de unidades calor al aplicarse a observaciones fenológicas ha sido de gran utilidad en la agricultura. Entre las múltiples aplicaciones de este parámetro se encuentran las indicadas por (Neild *et al.*, 1977) como son:

- Programación de fechas de siembra o ciclos de cultivo
- Pronóstico de fechas de cosecha
- Determinar el desarrollo esperado en diferentes localidades

- Determinar el desarrollo esperado en diferentes fechas de
- Siembra o inicio del ciclo de cultivo
- Determinar el desarrollo esperado de diferentes genotipos
- Pronosticar coeficientes de evapotranspiración de cultivos
- Pronóstico de plagas y enfermedades

Algunos autores señalan que el éxito de las unidades calor depende de una relación estrecha entre radiación y temperatura, fotoperiodo y temperatura y de cultivares adaptados a fotoperiodo locales (Hodges *et al.*, 1979). En la mayoría de los modelos desarrollados para describir el desarrollo de cultivos y plagas donde se han considerado factores climáticos, los que presentan más aplicación se fundamentan en la temperatura o la interacción de esta con el fotoperiodo y se basan en relaciones no lineales con posibilidad de transformación lineal (Ruiz, 1991)

2.3 Modelos fenológicos

Un modelo fenológico permite predecir el tiempo en que ocurrirá un evento en el desarrollo de un organismo. Debido a las variaciones anuales del clima, las fechas calendario no son una buena base para la toma de decisiones de manejo. (University of California, 2003)

Existen dos maneras para obtener un modelo de crecimiento, un modelo empírico y un modelo mecanístico, y dos aproximaciones para el análisis de los datos de las curvas de crecimiento, uno estadístico y otro biológico. La aproximación

estadística permite el ajuste de los datos a curvas polinomiales, usando modelos multivariados. Para el crecimiento biológico, la aproximación mecanística considera un modelo con una base biológica y parámetros biológicamente interpretables (Seber *et al.*, 2003)

Para datos de crecimiento, la tasa se incrementa hasta un punto máximo y luego decae hasta cero. De acuerdo a este comportamiento se obtienen dos modelos, que corresponden al modelo logístico (auto catalítico), que describe el crecimiento de una población u órgano, y al modelo Gompertz, que se usa para estudios de población y crecimiento animal (Seber *et al.*, 2003)

En particular en las áreas de fenología y desarrollo de cultivos, el concepto de unidad calórica, medida en grados-día de crecimiento (GDC, °C-día), 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. La forma para calcular los GDC es:

$$GDC = \frac{T_{max} + T_{min}}{2 - T_{base}}$$

donde T_{max} , es la temperatura máxima diaria del aire; T_{min} , la temperatura mínima diaria del aire; T_{base} , temperatura en que el proceso de interés no progresa.

T_{base} varía entre especies y posiblemente entre variedades; de igual manera, puede variar entre estadios de desarrollo o de acuerdo al proceso que se considere (University of California, 2003).

Se han realizado modificaciones a la ecuación del cálculo de unidades calor por el método residual con el propósito de mejorar su significado biológico. Por ejemplo, la incorporación de un umbral superior, la conversión a unidades foto termales, añadiendo una variable de fotoperiodo, con sólo la temperatura máxima o mínima o la porción del día (McMaster *et al.*, 1997)

El desarrollo fenológico de los organismos que no regulan sus propias temperaturas corporales (plantas, insectos, etc.) está condicionado principalmente por la temperatura del ambiente. Hay varias maneras de modelar la interacción del tiempo y la temperatura en la sucesión de eventos fenológicos en la vida del organismo; esto es mejor conocido como tiempo o calendario fisiológico. (Bustos C. *et al.*, 1993)

El tiempo fisiológico se mide en grados día o unidades calor acumuladas; involucra el uso de temperaturas, en lugar de días del calendario gregoriano, para determinar el progreso del crecimiento y desarrollo del organismo. Los grados día o unidades calor se estiman en base a la ocurrencia de temperaturas en un rango entre la temperatura mínima y máxima para el desarrollo, temperatura umbral inferior y temperatura umbral superior respectivamente, abajo o arriba de las cuales el desarrollo del evento es casi nulo o no ocurre. (Bustos C. *et al.*, 1993)

Existen varios métodos para el cálculo de unidades calor (UC) tales como: a) método residual, el cual es el más sencillo y consiste en sumar la temperatura máxima y mínima del día, dividirla entre dos y restarle la temperatura umbral

inferior; a) triangulación simple; c) triangulación doble; d) seno simple y e) seno doble (Bustos C. *et al.*, 1993)

Con excepción del método residual, en los demás métodos existe una de las seis relaciones posibles entre las temperaturas máximas y mínimas del día, dentro de la oscilación diaria de temperaturas y los puntos críticos o umbrales superior e inferior respectivamente. Estas seis relaciones son las siguientes: 1) Que las temperaturas máxima y mínima se ubiquen arriba de los dos puntos críticos o umbrales; 2) Que ambas estén debajo de los dos umbrales; 3) Que las dos temperaturas se encuentren entre los dos umbrales; 4) Que la temperatura mínima este abajo del umbral inferior y la máxima en el rango de los dos umbrales; 5) Que la temperatura máxima del día este arriba del umbral superior y la mínima en el rango de los dos umbrales y 6) Que la temperatura máxima y mínima estén abajo y arriba de los umbrales respectivamente. (Bustos C. *et al.*, 1993; University of California, 2003) Existe cierta confusión en cuanto al término de grados día y unidades calor en nuestro trabajo vamos a usar el término de unidades calor (UC).

3 Justificación

Para poder llevar a cabo un manejo adecuado de los cultivos, es necesario conocer la interacción que existe entre los factores abióticos (clima, temperatura, suelo) y los factores bióticos (etapas fenológicas) que son el resultado de una variación de los factores bióticos. Para ello es preciso realizar una investigación que ofrezca como resultado la base para un buen manejo agronómico de estos factores. En el caso del cultivo del rosal, ornamental con mayor producción en la región florícola del Estado de México, una de las principales limitantes de su producción es el desconocimiento de la cantidad de unidades calor necesarias para que un rosal pueda alcanzar el punto de corte; es desde este punto que surge la necesidad de poder establecer e identificar las etapas fenológicas que se presentan en el cultivo y su relación con la temperatura importantes en la programación adecuada del cultivo y control de plagas y enfermedades durante las diferentes etapas fenológicas. Este trabajo correspondió a la primera etapa del proyecto variación natural de especies reactivas de oxígeno y antioxidantes en rosa y su relación en la respuesta a estrés y se realizó en las variedades de rosa Vega y Polo durante los meses de Noviembre y Diciembre del año 2008 y Enero y Febrero del 2009 en el municipio de Tenancingo, Estado de México.

4 Hipótesis

La acumulación de unidades calor presentadas a lo largo del periodo de producción de cultivo de Rosa (*Rosa x híbrida*) determinan el cambio de su estado fenológico mostrando una correlación entre las unidades calor y la longitud de tallo.

5 Objetivos

5.1 Objetivo general

Identificar las etapas fenológicas y determinar las unidades calor del cultivo de rosa (*Rosa x hibrida*) desde yema floral hasta corte de flor en dos variedades comerciales cultivadas en dos localidades de la región florícola del Estado de México.

5.2 Objetivos específicos

- Identificar etapas fenológicas existentes en el cultivo de rosa (*Rosa x hibrida*) a partir de yema floral hasta corte de flor en dos variedades comerciales cultivadas en dos localidades.
- Determinar unidades calor acumuladas en el ciclo de producción del cultivo de rosa (*Rosa x hibrida*) para cada etapa fenológica del cultivo.
- Determinar la correlación existente entre la longitud de tallo y las unidades calor acumuladas en dos variedades de rosa (*Rosa x hibrida*).

6 Materiales y métodos

6.1 Localización del experimento

El trabajo de investigación se realizó en 2 zonas importantes de producción florícola del municipio de Tenancingo: Rancho Los Capulines, Ejido de Los Morales (Los Morales) y Rancho Santa Ana, Santa Ana Ixtlahuatzingo (Santa Ana). Dichas zonas se eligieron por la particularidad de que difieren en altitud. Los invernaderos de producción comercial donde se realizaron los experimentos fueron elegidos en común acuerdo con los propietarios bajo el criterio de fácil accesibilidad para la toma de datos.

- a) Rancho Los Capulines en el Ejido Los Morales, cuyo propietario es el Sr. Armando Hisojo, que se localiza a los $18^{\circ} 59' 38''$ Latitud Norte y a una longitud de $99^{\circ} 34' 49.76''$ con una altitud de 2,390 metros sobre el nivel del mar. La temperatura promedio del lugar es de 18°C .
- b) Rancho Santa Ana, cuyo propietario es el Sr. Juan García, se localiza en la población de Santa Ana Ixtlahuatzingo a una Latitud norte de $18^{\circ} 58' 11.29''$ una longitud de $99^{\circ} 37' 26.33''$ Oeste y a una altitud de 2,220 metros sobre el nivel del mar.

6.2 Material biológico

El estudio se realizó en las variedades de rosa Vega y Polo, las cuales fueron escogidas por ser las que más se cultivan en la región y porque de acuerdo a

información de los productores manifiestan una respuesta diferencial al ataque de plagas y enfermedades.

Para cada una de las variedades Vega y Polo evaluadas se realizó el cálculo de unidades calor diario y también se llevó a cabo la medición de los tallos para la determinación de su crecimiento semanal. La toma de datos se inició el día 8 de diciembre de 2008, y en este mismo día se realizó la programación del pinchado de tallos, seleccionando los tallos que cumplieran con las características de sanidad y diámetro (0.5 cm aproximadamente), para garantizar que dicho tallo culminara en la producción de botón floral; en cada una de las visitas semanales se realizó también la observación de los brotes y se determinó en ese momento la etapa fenológica en la que se encontraba. Cabe mencionar que estas etapas no siempre se presentan al mismo tiempo en todos los tallos florales, por lo que se consideró como etapa fenológica cuando más del 70% de los tallos analizados presentaron la misma etapa, el último registro de datos fue el 18 de Febrero del 2009.

6.3 Condiciones de cultivo.

Estas variedades de rosal son producidas bajo invernadero. El invernadero del “Rancho Los Capulines” de la localidad de Los Morales cuenta con estructuras de invernadero tipo colombiano recubierto con plástico lechoso, cortinas móviles y abertura cenital además de contar con sistema de riego de microaspersión.

El invernadero de Santa Ana Ixtlahuatzingo es tipo colombiano, recubierto de plástico lechoso, con cortinas móviles sin abertura cenital, y con sistema de riego rodado provisto con manguera.

Cada modulo del invernadero está compuesto por cuatro camas de cultivo, las cuales cuentan con dos hileras de rosa con plantas a una distancia de 14 cm entre una planta y otra, las plantas cultivadas tienen una edad promedio de 8 años. El manejo de plagas y enfermedades se realizó en base a programas semanales.

6.4 Diseño experimental

La fenología del cultivo de rosa se evaluó en las localidades Santa Ana y los Morales y en las variedades Polo y Vega bajo un arreglo factorial 2 X 2 y se analizaron bajo el diseño experimental completamente al azar de acuerdo al siguiente modelo matemático:

$$Y_{ijk} = \mu + A_i + B_j + A B_{ij} + E_{ijk}$$

$$i = 1, \dots, a \quad j = 1, \dots, b \quad k = 1, \dots, n$$

Donde:

μ = Media general

Factores:

A= Localidades

$B = \text{Variedades}$

$E.E = \text{Error experimental}$

La variable longitud de tallo la unidad experimental tuvo 20 repeticiones, conformada por un tallo cada una. Así mismo se analizó la influencia simultánea de las variables independientes localidades y variedades y su interacción sobre las variables dependientes analizadas durante el crecimiento del brote floral. Los tratamientos analizados fueron los siguientes:

Tratamiento 1 = $a_1 b_1$ (Localidad Santa Ana / variedad Polo)

Tratamiento 2 = $a_1 b_2$ (Localidad Santa Ana / variedad Vega)

Tratamiento 3 = $a_2 b_1$ (Localidad los Morales / variedad Polo)

Tratamiento 4 = $a_2 b_2$ (Localidad los Morales / variedad Vega)

6.5 Variables a evaluar

Las variables consideradas para la determinación de la fenología del cultivo de rosal fueron:

6.5.1 Variable fenotípica

Altura de brote

Para medir esta variable se consideró desde la base del brote hasta el extremo apical del brote. La importancia de la medición de esta variable radica en que en el

proceso de pinch se estimula la producción de brotes y follaje antes de que se establezca la floración para corte comercial.

6.5.2 Variables ambientales

1. **Conteo total del ciclo en días manejado por unidades calor:** El tiempo fisiológico es frecuentemente expresado en unidades llamadas grados-día o unidades calor. El cálculo de unidades calor sirvió como referencia para definir las principales etapas fenológicas en dos variedades diferentes de rosa (*Rosa x híbrida*).
2. **Temperaturas máximas y mínimas:** Para el registro de temperaturas se utilizó un termo higrómetro digital marca Lascar Modelo EL-USB2. Este aparato se colocó a una altura de 2.0 metros del suelo. Los umbrales de desarrollo inferior (7 °C) y superior (32 °C) son dos parámetros para considerar, cuando se refieren al efecto de la temperatura en el desarrollo de las plantas. El umbral de desarrollo inferior es la temperatura por debajo de la que una especie detiene su desarrollo y el umbral de desarrollo superior, la temperatura en que la tasa de desarrollo comienza a decrecer.

6.6 Análisis de la información

Después de contadas las unidades calor necesario para el cambio de etapa fenológica, se realizó el análisis de correlación de las variables longitud de tallo con unidades calor, para ver el efecto de estas últimas en la elongación de los tallos florales de rosa.

6.7 Identificación de etapas fenológicas

Se llevó el seguimiento de la fenología desde el momento que se realizó el pinchado de los tallos y semanalmente se anotó el estado fenológico general de cada planta de rosal. Se tomaron fotografías de cada etapa presentada para identificar y describir el aspecto que toma cada órgano durante las etapas por las que pasa en su desarrollo.

6.8 Métodos para el cálculo de unidades calor.

Las temperaturas fueron tomadas con el higo-termógrafo USB y se procedió a calcular las unidades calor considerando como umbral de temperatura inferior (UTI) el valor de 7 °C y umbral temperatura superior (UTS) de 32 °C para el cultivo de rosa. Con los datos de temperatura de cada una de las localidades se evaluaron tres métodos de cálculo de unidades calor, al igual que su coeficiente de variación (CV) ya que en base a este último parámetro se seleccionó el método para ser usado en el presente trabajo. Los métodos evaluados fueron los siguientes: En primer lugar se evaluó el método residual que consiste en usar la temperatura promedio menos el UTI, en segundo lugar el método de seno doble (formula seis; figura 2) y en tercer lugar se evaluó el método de triangulación doble (formula seis; figura 3).

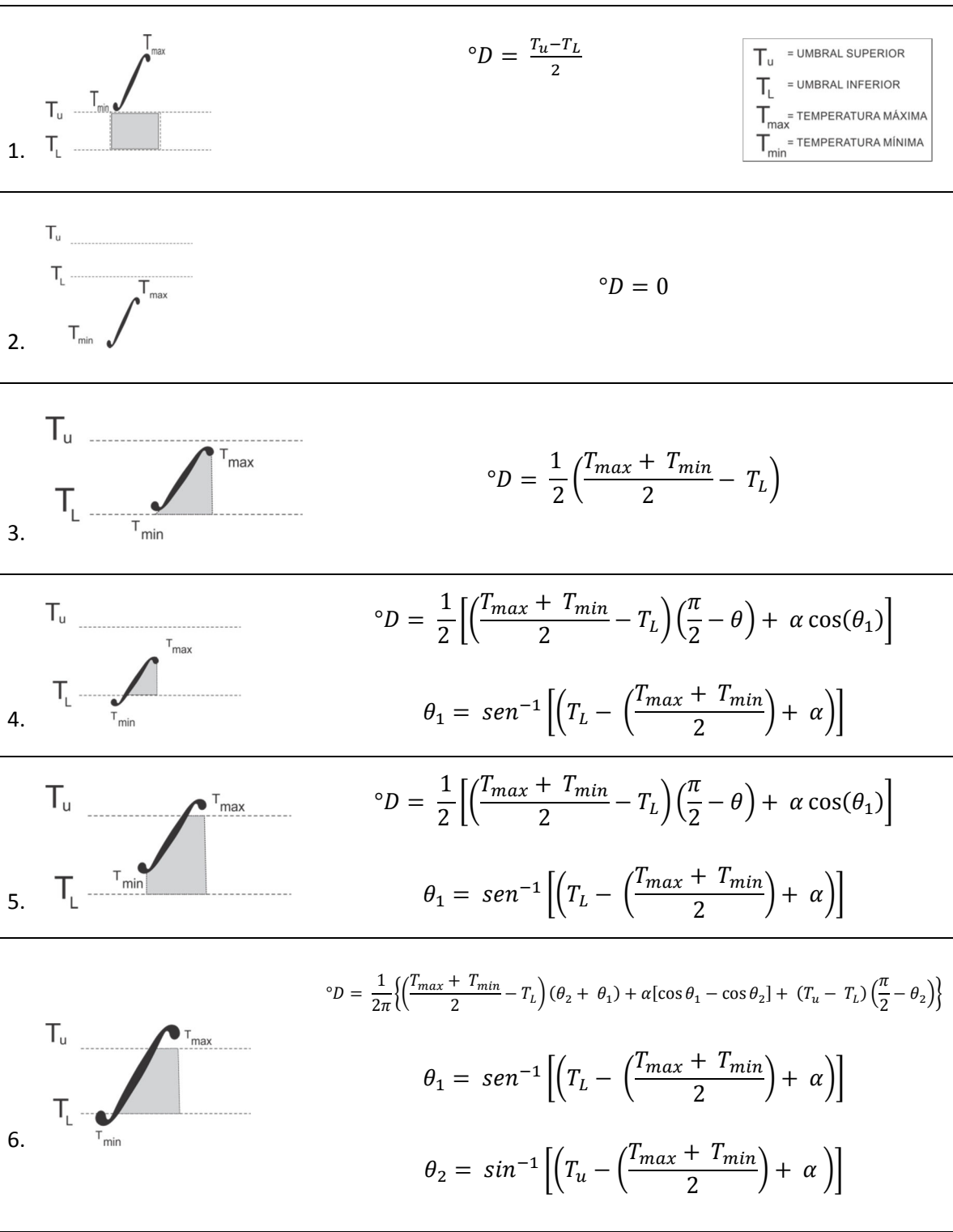


Figura 2. Fórmulas de intervalos de medios días para calcular las unidades calor por el método de triangulación doble, las áreas sombreadas representa la acumulación de las unidades calor acumuladas (Bujanos et al., 1993)

Formula 6:

$$GD \text{ ó UC} = \frac{1}{2\pi} \left\{ \left(\frac{T_{max} + T_{min}}{2} - T_L \right) (\theta_2 - \theta_1) + \alpha [\cos(\theta_1) - \cos(\theta_2)] + (T_U + T_L) \left(\frac{\pi}{2} - \theta_2 \right) \right\}$$

Donde:

T_U = umbral superior (UTS), T_L = umbral inferior (UTI), T_{max} =temperatura máxima, T_{min} = temperatura mínima, $\alpha_1 = (T_{max} - T_{min1})/2$ del primer medio día, $\alpha_2 = (T_{max} - T_{min2})/2$ del segundo medio día, $\theta_1 =$

$$\sin^{-1} \frac{[T_L - \frac{T_{max} + T_{min}}{2}]}{\alpha_1}, \theta_2 = \sin^{-1} \frac{[T_L - \frac{T_{max} + T_{min}}{2}]}{\alpha_2}, \text{ °D ó UC} = \text{grados día ó unidades calor}$$

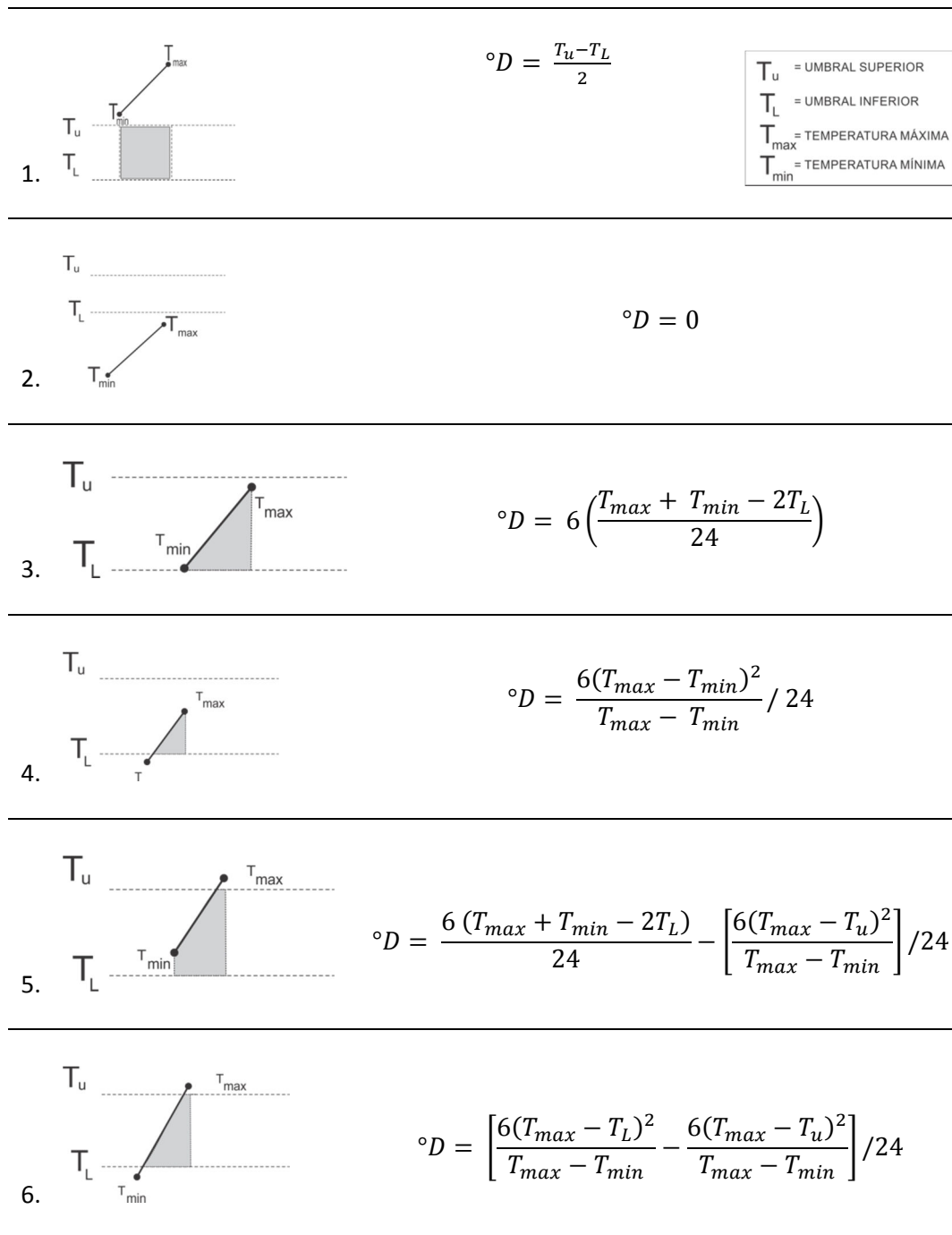


Figura 3. Formulas de intervalos medios de días para calcular las unidades calor por el método de triangulación doble, las áreas sombreadas representan la acumulación de las unidades calor

7 Resultados

7.1 Identificación de etapas fenológicas

En el análisis de muestreo se identificaron doce etapas fenológicas en el cultivo de rosa variedades Vega y Polo (figura 4) en las localidades de Los Morales y Santa Ana, los cuales se describen a continuación:

Pinch/Poda (P): proceso mediante el cual se realiza un corte en el tallo de forma diagonal 1 o 2 cm después de la yema más próxima, para estimulación del crecimiento de ramas o tallos alternos al tallo principal, el cual será considerado como tallo floral. Este proceso se realizó en los tallos muestreados el mismo día a razón de que el tiempo de crecimiento fuera lo más homogéneo posible.

Yema Hinchada (YH): Se identificó como el inicio del proceso de división para la formación de un nuevo brote, la yema incrementó de tamaño y presentó una coloración rojo intenso.

Yema Brotada (YB): En esta etapa la yema comenzó a mostrar pequeñas hojas de color rojo en forma de aguja.

Brote de 2–4 HV: En esta etapa se distinguen las hojas (hojas visibles: HV), normalmente entre dos y cuatro y de color rojo.

Brote de 6–8 HV: Se observan de seis a ocho HV y de color rojo.

Brote de 10–12 HV: En esta etapa, también conocida como antes de inicio de botón (AIB), se aprecia el máximo crecimiento y mayor número de hojas que es de diez a doce y también son de color rojo.

Inicio de Botón (IB): En esta etapa el brote forma un tallo floral de aproximadamente 12 a 14 hojas de color rojo. En la parte superior del botón es perceptible una pequeña formación en forma de canica, que es la aparición del botón floral. En esta etapa no es perceptible el crecimiento del pedúnculo del botón.

Chícharo Pequeño (CP): El botón se ha formado en su totalidad y existe un crecimiento notorio del pedúnculo. El botón o chícharo presenta entre 2 y 3 pequeñas extensiones de sépalos, que recubren y protegen al botón floral.

Chícharo mediano (CM): Es la etapa intermedia que se caracteriza por presentar un botón de color verde intenso a simple vista y en pleno crecimiento, mientras que el follaje permanece con una coloración rojiza; no todos los botones presentan un crecimiento medio notorio.

Chícharo Grande (CG): Es la fase de máximo crecimiento del botón floral, su coloración es verde pálido y ha alcanzado su máximo tamaño, el follaje ha cambiado de color rojo a verde.

Punto Color (PC): En esta etapa los sépalos comenzaron a separarse y los pétalos se hacen evidentes mostrando pequeñas líneas de color.

Corte (C): las primeras dos líneas de pétalos han abierto, en esta etapa, se realiza el proceso de corte de los tallos. El tiempo de corte o el tipo de abertura estará determinado por la necesidad del mercado a la cual se dirige el producto.

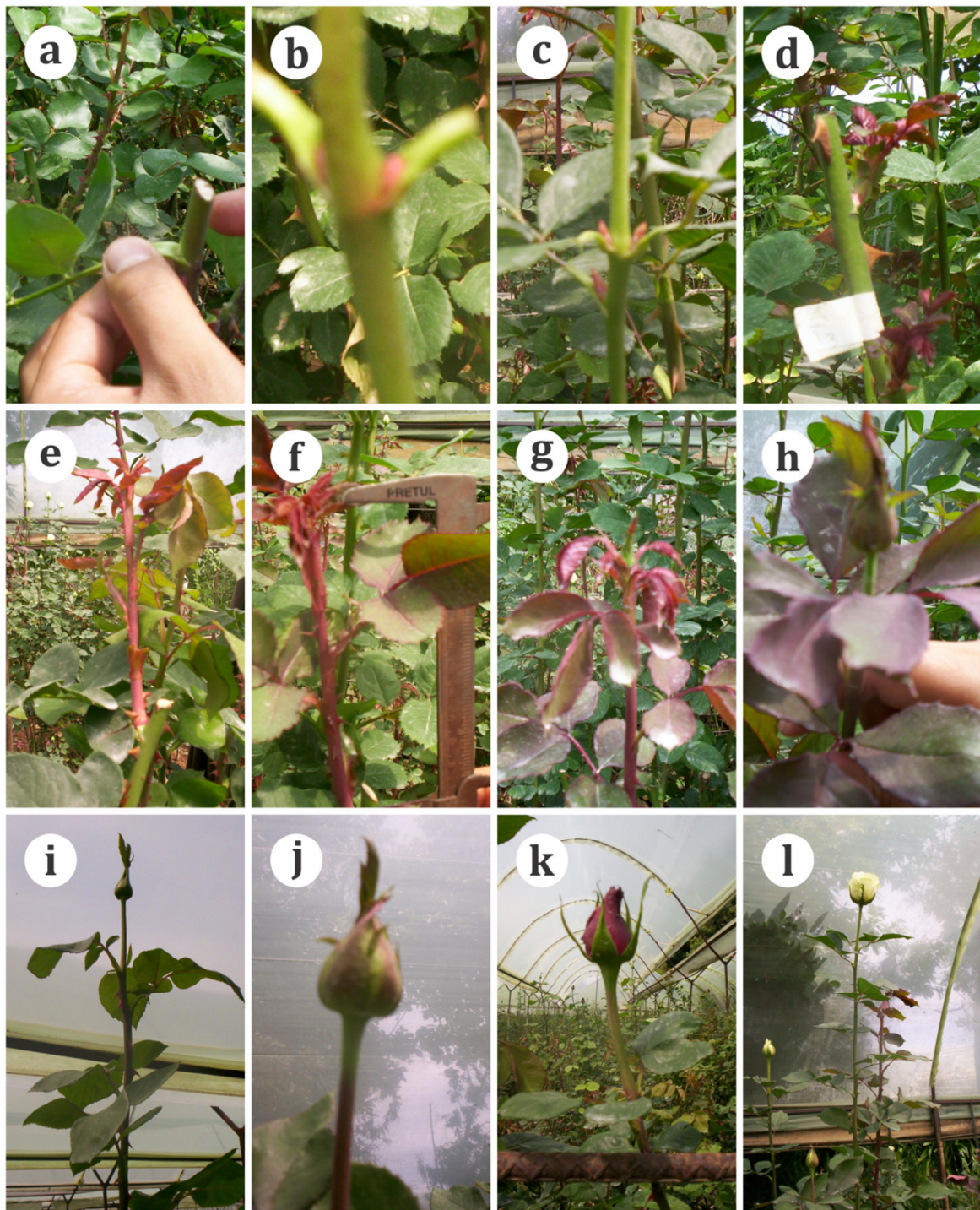


Figura 4. Etapas fenológicas en las variedades de rosa Polo y Vega cultivadas bajo invernadero en la región de Tenancingo-Santa Ana Ixtlahuatzingo: a) Pinch, b) Yema hinchada, c) Yema brotada, d) Brote 2 a 4 hojas visibles, e) Brote de 6 a 8 hojas visibles, f) Brote de 10 a 12 hojas visibles, g) Inicio de botón, h) Chicharo pequeño, i) Chicharo mediano, j) Chicharo grande, k) Punto color, l) Corte.

7.2 Análisis de los métodos para el Cálculo de unidades calor.

Los coeficientes de variación (CV) de los tres métodos de cálculo de unidades calor (UC), UC residual, seno doble y triangulación doble, respectivamente fueron de 13.7, 6.4, y 14.4 % para Los Morales y 13.8, 7.7 y 17.3% para Santa Ana (Figura 5). El método de seno doble fue el que presentó los menores coeficientes de variación (6.4 y 7.7%), por lo que fue utilizado para el cálculo de las UC a partir de los datos de temperatura de cada uno de los días en ambas localidades (anexos 1-2-3).

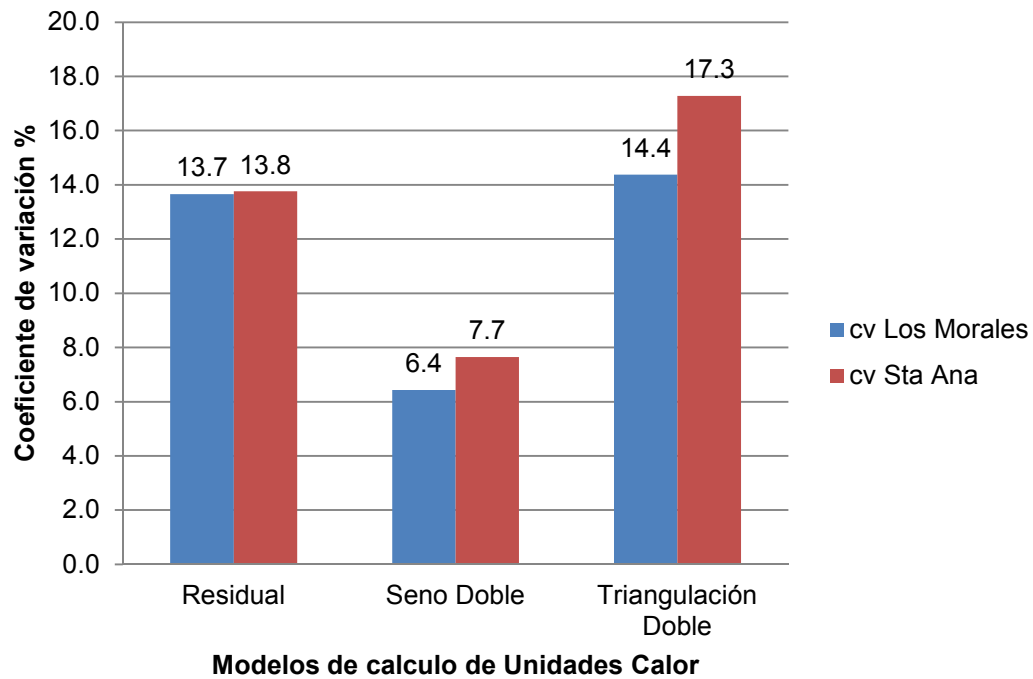


Figura 5. Coeficientes de variación para los métodos UC residual, seno doble y triangulación doble en el cálculo de unidades calor en las localidades de Los Morales y Santa Ana.

7.3 Localidad Los Morales

Las temperaturas promedio mensuales en la localidad de los Morales en los meses de diciembre 2008, enero y febrero 2009 fueron de 21.98, 21.07 y 21.10 °C respectivamente. Con UC promedio mensual de 13.63, 13.33 y 13.37 UC para cada uno de los meses mencionados anteriormente (cuadro 1).

Cuadro 1. Temperaturas promedio mensuales y unidades calor promedio para la localidad de Los Morales, Tenancingo, Estado de México

PERIODO	T°Max.	T° Min.	T° PROM.	UC	UC Acumuladas
25 días Dic	39.00	4.96	21.98	13.63	327.20
31 días Ene	36.21	5.94	21.07	13.33	413.26
31 días Feb-Mar	37.29	4.92	21.10	13.37	414.41
Total de UC al 3 de Marzo					1157.87

7.3.1 Unidades calor para variedad Vega.

El total de días requeridos para la variedad Vega desde el pinch hasta corte de flor fue de 73 y el número de UC calculadas en el ciclo de producción fue de 985.2 UC. El crecimiento del tallo es influido por la acumulación de unidades calor (Cuadro 2). La correlación existente entre las variables de UC y longitud de tallo fue alta de $r=0.959$, lo que indica una amplia dependencia entre estas variables.

Cuadro 2. Relación Unidades Calor por el método de seno doble con longitud de tallo en la variedad “Vega” en la localidad de Los Morales, municipio de Tenancingo, Estado de México

FECHA	Fenología	UCA SD	Vega Long mm
08-dic-08	Pinch/Poda	13.2	0.0
15-dic-08	Yema hinchada	116.9	0.0
22-dic-08	Yema brotada	208.8	8.3
30-dic-08	Brote de 2–4 HV	314.3	37.7
07-ene-09	Brote de 6–8 HV	420.1	103.2
15-ene-09	Brote de 8–10 HV	523.8	261.8
23-ene-09	Brote de 10–12 HV	628.7	472.0
29-ene-09	Inicio de botón	713.6	595.5
05-feb-09	Chícharo pequeño	808.4	616.8
12-feb-09	Chícharo mediano/Punto color	901.8	650.5
18-feb-09	Corte	985.2	650.5
		r=0.959	

De la relación entre las unidades calor acumuladas y longitud de tallo en la variedad Vega se observa que el mayor crecimiento se da en la etapas de brote de 8 a 10 HV y brote de 10 a 12 HV (Figura 3), etapas de crecimiento lineal que termina en la etapa IB después de esta, el crecimiento es lento hasta llegar a su máximo crecimiento.

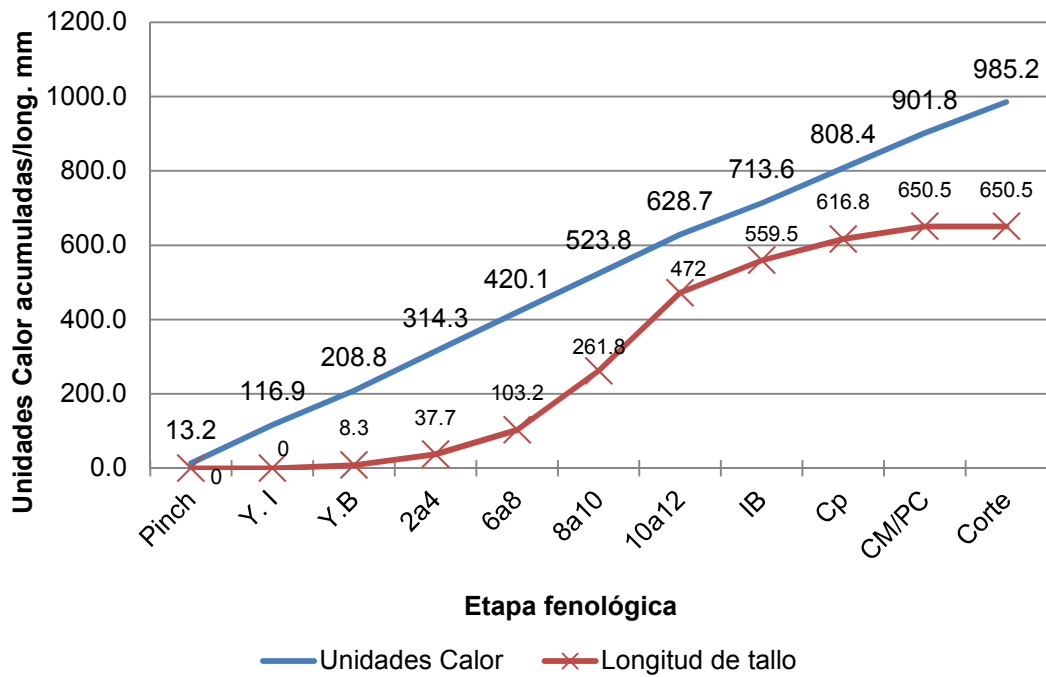


Figura 6. Elongación de tallo floral por semana en relación a las unidades calor acumuladas en la variedad de rosa Vega, localidad de Los Morales, Tenancingo, Estado de México

7.3.2 Longitud de tallo para variedad Vega.

El mayor alargamiento de tallo se presentó a partir de la etapa 6/ 8 hojas visibles y culminó en chícharo mediano etapas previas a la formación del botón floral y llenado de botón (Cuadro 3).

Cuadro 3. Longitud de tallo en la variedad Vega en la localidad de Los Morales, municipio de Tenancingo, Estado de México

FECHA	Fenología	Vega Long mm
08-dic-08	Pinch/Poda	0.0
15-dic-08	Yema hinchada	0.0
22-dic-08	Yema brotada	8.3
30-dic-08	Brote de 2-4 HV	37.7
07-ene-09	Brote de 6-8 HV	103.2
15-ene-09	Brote de 8-10 HV	261.8

FECHA	Fenología	Vega Long mm
23-ene-09	Brote de 10–12 HV	472.0
29-ene-09	Inicio de botón	595.5
05-feb-09	Chícharo pequeño	616.8
12-feb-09	Chícharo mediano/Punto color	650.5
18-feb-09	Corte	650.5

Las diferencias de crecimiento entre las etapas fenológicas se presentaron mas evidentes en las etapas 6/8, 10/12 e Inicio de Botón; Al igual que en otros seres vivos, la curva de crecimiento inicio lento desde yema inchada hasta 2/4 hojas visibles; la fase de aceleración correspondió a 6/8 hojas visibles y 10/12 hojas visibles; en tanto que, la una meseta de crecimiento fue en 10/12 hojas visibles hasta inicio de botón; y finalmente, el declive fue en chícharo pequeño hasta corte. (Figura 7)

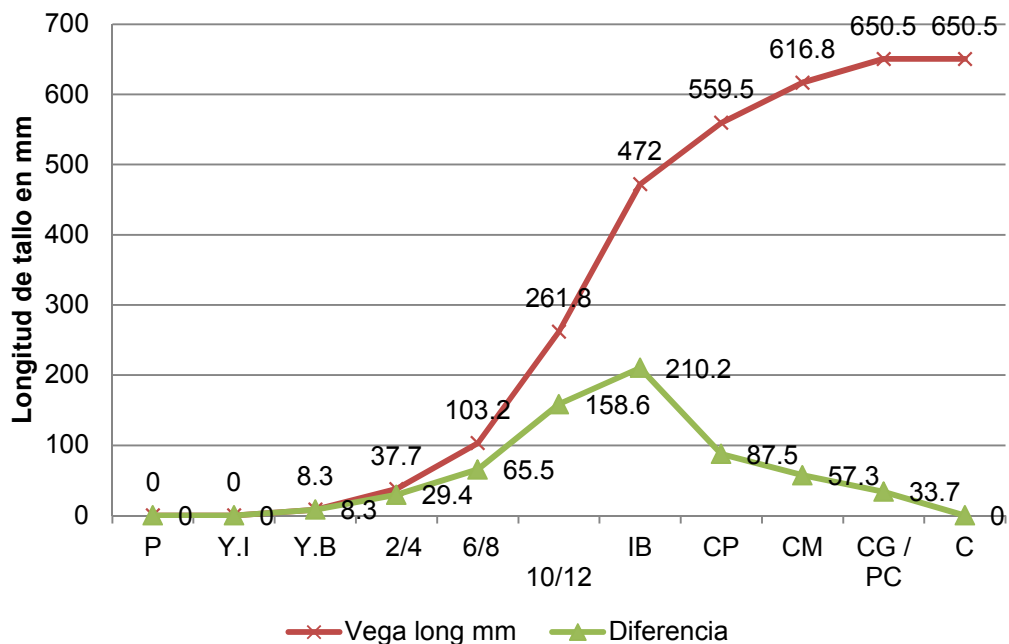


Figura 7. Curva de crecimiento para la variedad Vega y curva de diferencia de crecimiento entre etapas localidad de Los Morales, Tenancingo, Estado de México

7.3.3 Unidades calor para variedad Polo.

En relación a la variedad Polo, el total de días requeridos desde el pinch hasta corte de flor fue de 67 días en los que se acumularon 901.8 UC. Similarmente a vega en la misma localidad, se obtuvo una correlación alta y positiva de $r=0.972$ entre las variables Unidades Calor y longitud de tallo (Figura 8) (Cuadro 4).

Cuadro 4. Relación Unidades Calor por el método de seno doble con longitud de tallo en las variedades de rosa Polo en la localidad de Los Morales, Tenancingo, Estado de México

FECHA	Fenología	UCA SD	Polo Long mm
08-dic-08	Pinch/Poda	0.0	0.0
15-dic-08	Yema hinchada	116.9	11.2
22-dic-08	Yema brotada	208.8	34.2
30-dic-08	Brote de 2–4 HV	314.3	83.2
07-ene-09	Brote de 6–8 HV	420.1	202.7
15-ene-09	Brote de 8–10 HV	523.8	374.1

FECHA	Fenología	UCA SD	Polo Long mm
23-ene-09	Brote de 10–12 HV	628.7	485.7
29-ene-09	Inicio de botón	713.6	568.9
05-feb-09	Chícharo pequeño	808.4	605.7
12-feb-09	Chícharo mediano/Punto color	901.8	605.7
		r=	0.972

La longitud promedio de tallo floral a punto de corte fue de 60.57 cm y las atapas de mayor crecimiento fueron de 10/12 hojas visibles y formación de chícharo pequeño, lo que implica una mayor demanda de agua y nutrientes para el cultivo en este periodo (Figura 8).

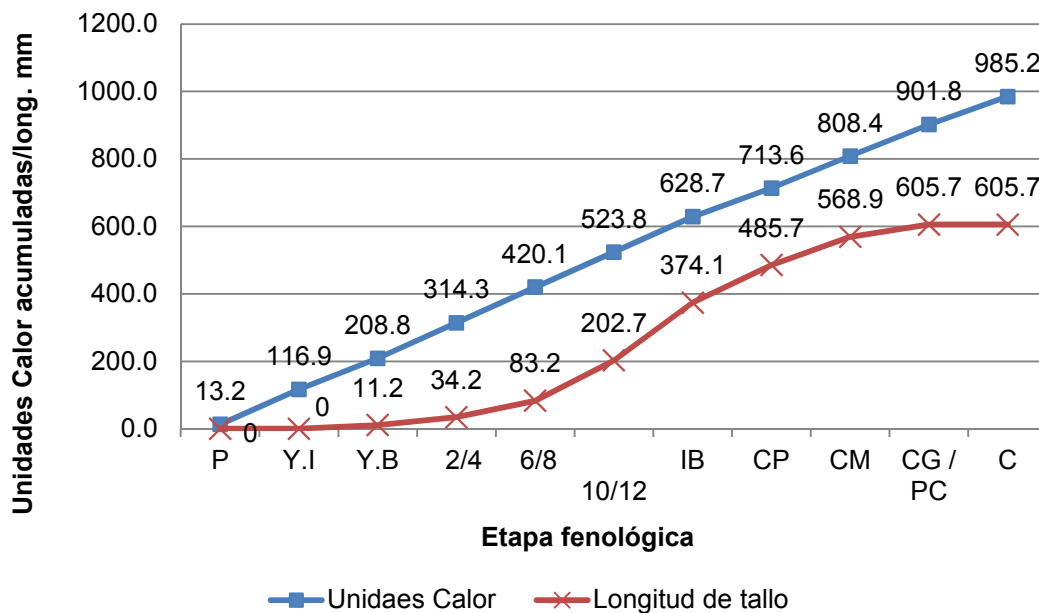


Figura 8. Elongación de tallo floral por semana en relación a las unidades calor acumuladas en la variedad Polo en la localidad Los Morales, Tenancingo, Estado de México

7.3.4 Longitud de tallo para variedad Polo.

La longitud promedio de tallo floral a punto de corte fue de 60.57 cm y las atapas de mayor crecimiento fueron de 10/12 hojas visibles y formación de chícharo pequeño, lo que implica una mayor demanda de agua y nutrientes para el cultivo en este periodo (Figura 9).

Cuadro 5. Longitud de tallo en la variedad Polo en la localidad de Los Morales, Municipio de Tenancingo, Estado de México

FECHA	Fenología	Polo Long mm
08-dic-08	Pinch/Poda	0.0
15-dic-08	Yema hinchada	11.2
22-dic-08	Yema brotada	34.2
30-dic-08	Brote de 2–4 HV	83.2
07-ene-09	Brote de 6–8 HV	202.7
15-ene-09	Brote de 8–10 HV	374.1
23-ene-09	Brote de 10–12 HV	485.7
29-ene-09	Inicio de botón	568.9
05-feb-09	Chícharo pequeño	605.7
12-feb-09	Chícharo mediano/Punto color	605.7

Las diferencias de crecimiento se observaron entre las etapas 6/8 hojas visibles hasta inicio de botón, obteniendo un crecimiento de hasta 70 cm entre una etapa y otra. De igual forma se presenta la curva de crecimiento donde se observan un crecimiento lento en la etapa de yema inchada, la fase de aceleración de crecimiento se presentó entre las etapas de 8/ y 10/12 hojas visibles, después de esta aceleración se observa una meseta de crecimiento hasta 10/12 hojas visibles y un lento o casi imperceptible aumento de tamaño hasta el punto de corte. (Figura 9)

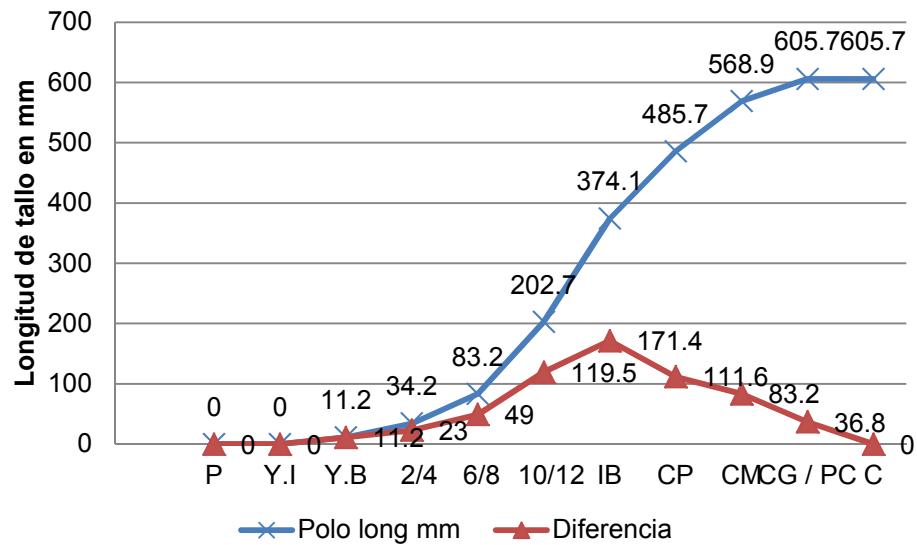


Figura 9. Curvas de crecimiento semanal de tallo floral de rosa variedad Polo y sus diferencias en Los Morales, Tenancingo, Estado de México

7.4 Localidad de Santa Ana

Las temperaturas promedio mensuales que se presentaron para esta localidad en los meses de diciembre 2008, enero 2009 y febrero 2009 fueron de 17.9, 21.75 y 22.87 °C respectivamente y que dieron acumulación de UC de 14.17, 13.76 y 14.24 para los meses mencionados en el mismo orden (cuadro 6).

Cuadro 6. Temperaturas y unidades calor promedio en la localidad Santa Ana de Diciembre del 2008 a Febrero del 2009

FECHA	T° MAX.	T° MIN.	T° PROM.	UC	UC Acumuladas
25 días Dic	31.05	4.76	17.90	14.17	340.2
31 días Ene	36.32	7.18	21.75	13.76	426.47
31 días Feb-Mar	39.24	6.50	22.87	14.24	441.42
Total de UC al 3 de Marzo					1208.1

7.4.1 Unidades calor para variedad Vega.

El total de días requeridos por la variedad Vega desde el pinch hasta corte de flor fue de 87 y el número de UC calculadas en el ciclo de producción en la localidad de santa Ana fue de 1022.8 para promediar una longitud de tallo floral a punto de corte de 84.4 cm (Cuadro 7). La correlación existente entre las variables de UC y longitud de tallo fue alta de $r= 0.952$, lo que indica una amplia dependencia entre estas variables.

Cuadro 7. Relación unidades calor con longitud de tallo en la variedad de rosa Vega localidad Santa Ana, Tenancingo, Estado de México

Fenología	FECHA	UC ucaSD	Vega Long mm
Pinch/Poda	08-dic-08	9.5	0
Yema hinchada	16-dic-08	122.3	0
Yema brotada	23-dic-08	225.2	10.8
Brote de 2–4 HV	30-dic-08	326.3	45.2
Brote de 6–8 HV	07-ene-09	435.6	97.5
Brote de 8–10 HV	14-ene-09	531.0	354.8
Brote de 10–12 HV	23-ene-09	643.6	566.0
Inicio de botón	28-ene-09	726.5	729.3
Chícharo pequeño	04-feb-09	822.6	827.8
Chícharo mediano/Punto color	11-feb-09	917.4	844.3
Corte	18-feb-09	1022.8	844.3
		r=	0.952

Con respecto a la relación entre las unidades calor acumuladas y la longitud de tallo en la variedad Vega se observa que el mayor crecimiento se da en las etapas de brote 6 a 8 hojas visibles y brote de 10 a 12 hojas visibles, etapas que muestran un crecimiento lineal que culmina en la etapa de Inicio de botón,

después de esta etapa, el crecimiento es lento hasta llegar a su máximo crecimiento.

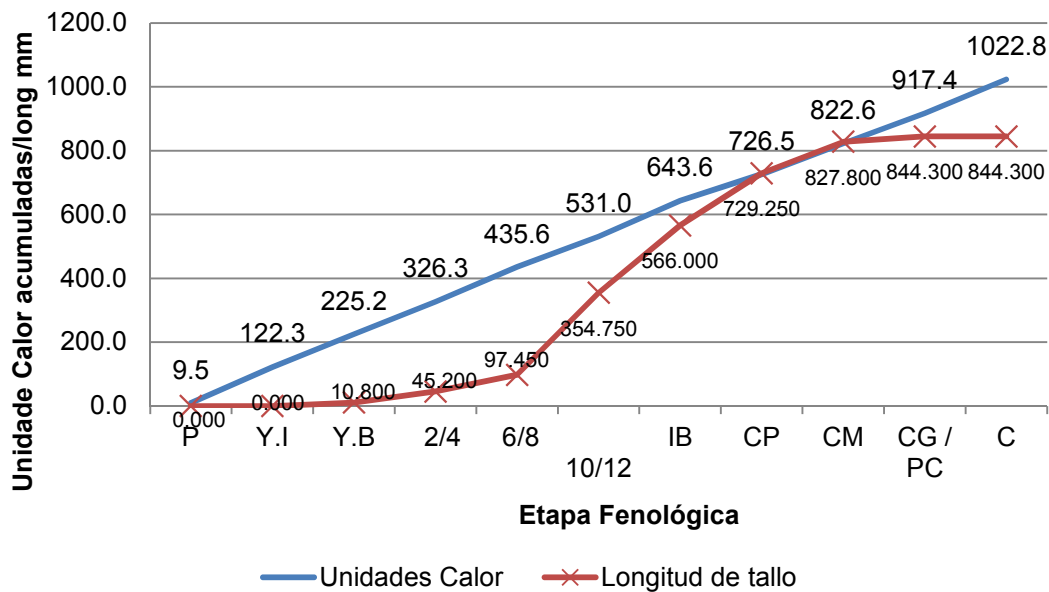


Figura 10. Elongación de tallo floral por semana en relación con las unidades calor acumuladas entre la variedad de rosa Vega, localidad Santa Ana Ixtlahuatzingo, Tenancingo, Estado de México

7.4.2 Longitud de tallo para variedad Vega.

El crecimiento fuerte se da entre las etapas de brote 6 a 8 hojas visibles a chícharo pequeño. Con respecto a las diferencias entre etapas los mayores valores se observan en las etapas de brote 6/8 hojas visibles y brote 10/12 hojas visibles. (Cuadro 8)

Cuadro 8. Longitud de tallo en la variedad Vega en la localidad de Santa Ana Ixtlahuatzingo, Municipio de Tenancingo, Estado de México

Fenología	FECHA	Vega Long mm
Pinch/Poda	08-dic-08	0.0
Yema hinchada	16-dic-08	0.0

Fenología	FECHA	Vega Long mm
Yema brotada	23-dic-08	10.8
Brote de 2–4 HV	30-dic-08	45.2
Brote de 6–8 HV	07-ene-09	97.5
Brote de 8–10 HV	14-ene-09	354.8
Brote de 10–12 HV	23-ene-09	566.0
Inicio de botón	28-ene-09	729.3
Chícharo pequeño	04-feb-09	827.8
Chícharo mediano/Punto color	11-feb-09	844.3
Corte	18-feb-09	844.3
	r =	0.952

Las diferencias en el crecimiento entre etapas fenológicas se hicieron mas evidentes entre la etapa de brote 6/8 hojas visibles y brote 10/12 hojas visibles, teniendo una diferencia de tamaño de hasta 150 cm, este aumento puede estar relacionado con el manejo agronómico del cultivo, el cual no fue analizado en este estudio (Figura 11).

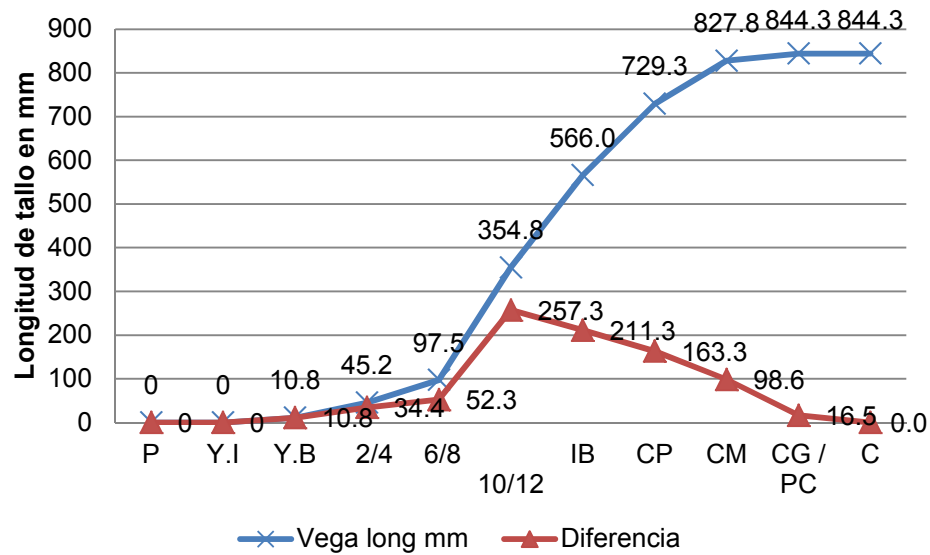


Figura 11. Curvas de crecimiento de tallo floral por semana y sus diferencias presentadas en el desarrollo de la variedad de rosa Vega, localidad de Sta. Ana, Tenancingo, Estado de México

7.4.3 Unidades calor para variedad Polo

El total de días requeridos por la variedad Polo desde el pinch hasta corte de flor fue de 66 y el número de UC calculadas a fin de ciclo de producción en la localidad de Santa Ana fue de 917.4 para promediar una longitud de tallo floral a punto de corte de 77.05 cm (Cuadro 6). La correlación existente entre las variables de UC y longitud de tallo fue alta de $r= 0.947$, lo que indica una amplia dependencia entre estas variables.

Cuadro 9. Relación de Unidades Calor y longitud de tallo en el cultivo de rosa variedad Polo localidad de Santa Ana, Tenancingo, Estado de México

Fenología	FECHA	UC ucaSD	Polo Long mm
Pinch/Poda	08-dic-08	0.0	0.0
Yema hinchada	16-dic-08	122.3	0.0
Yema brotada	23-dic-08	225.2	8.70
Brote de 2-4 HV	30-dic-08	326.3	33.90
Brote de 6-8 HV	07-ene-09	435.6	72.00

Fenología	FECHA	UC ucaSD	Polo Long mm
Brote de 8–10 HV	14-ene-09	531.0	144.10
Brote de 10–12 HV	23-ene-09	643.6	256.00
Inicio de botón	28-ene-09	726.5	560.30
Chícharo pequeño	04-feb-09	822.6	701.00
Chícharo mediano/Punto color	11-feb-09	917.4	770.50
		r=	0.947

La longitud promedio de tallo floral a punto de corte fue de 77 cm y las etapas de mayor crecimiento son inicio de botón hasta chícharo mediano, lo que sugiere una mayor demanda de nutrientes y agua para el cultivo en este periodo de llenado de botón. (Figura 12)

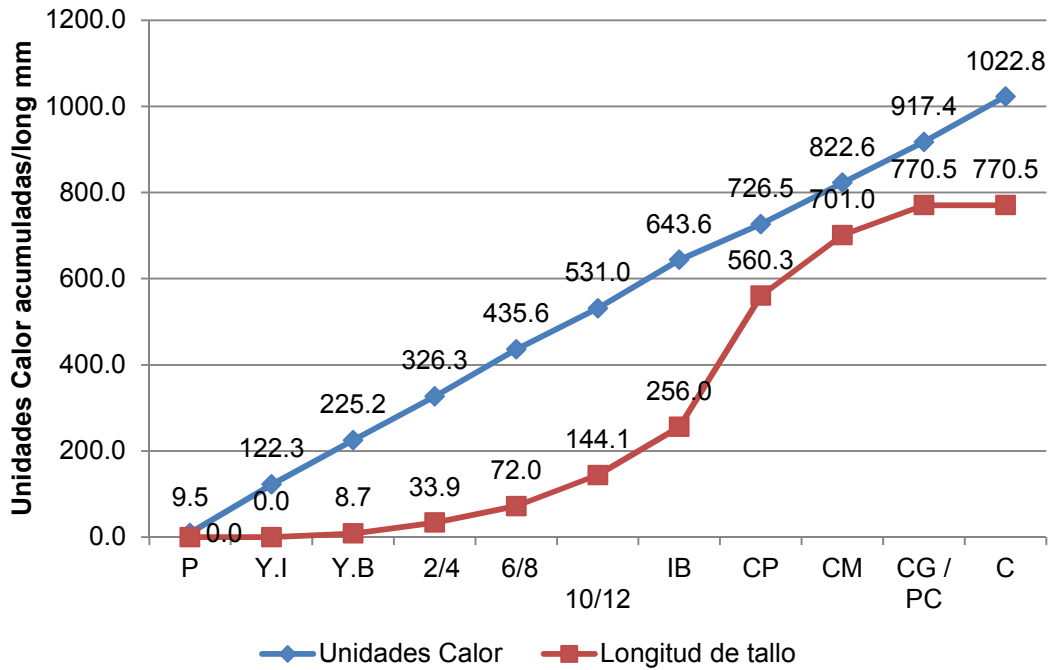


Figura 12. Elongación de tallo floral por semana en relación a las unidades calor acumuladas para la variedad Polo, Localidad de Sta. Ana Ixtlahuatzingo, Tenancingo, Estado de México

7.4.4 Longitud de tallo para variedad Polo.

La longitud promedio de tallo floral a punto de coste fue de 77 cm y las etapas de mayor crecimiento es entre las etapas de inicio de botón y chícharo mediano. Las diferencias entre etapas, los mayores valores se observan en las etapas de 6/8 hojas visibles y 10/12 hojas, una etapa antes que las observadas en Los Morales para ambas variedades.

Cuadro 10. Longitud de tallo en la variedad Polo, en la localidad de Santa Ana Ixtlahuatzingo, en el Municipio de Tenancingo, Estado de México

Fenología	FECHA	Polo Long mm
Pinch/Poda	08-dic-08	0.0
Yema hinchada	16-dic-08	0.0
Yema brotada	23-dic-08	8.70

Fenología	FECHA	Polo Long mm
Brote de 2–4 HV	30-dic-08	33.90
Brote de 6–8 HV	07-ene-09	72.00
Brote de 8–10 HV	14-ene-09	144.10
Brote de 10–12 HV	23-ene-09	256.00
Inicio de botón	28-ene-09	560.30
Chícharo pequeño	04-feb-09	701.00
Chícharo mediano/Punto color	11-feb-09	770.50
		0.947

Con respecto a la relación entre las unidades calor acumuladas y la longitud de tallo en la variedad Polo se observa que el mayor crecimiento se da entre las etapas de inicio de botón, teniendo una diferencia de mas de 150 cm, entre estas dos etapas, este crecimiento acelerado puede estar influenciado por el manejo agronómico del cultivo, lo cual no fue objeto de estudio de la presenta investigación. (Figura 13).

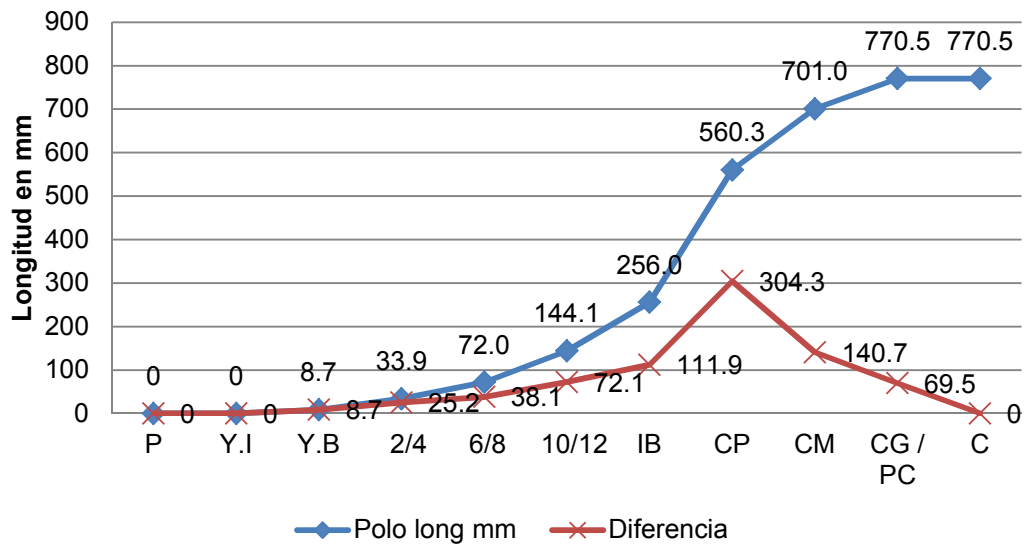


Figura 13. Elongación de tallo floral por semana en relación a las unidades calor acumuladas en la variedad Polo. Localidad Santa Ana Ixtlahuatzingo, Tenancingo, Estado de México

7.5 Comparación entre localidades

La acumulación de unidades calor fue mayor en Santa Ana con 1022.8 UC, en contraste con las obtenidas en Los Morales con 985.2 UC con una diferencia de 37.6 (Figura 14). Dicha diferencia representa la variación entre las variedades Vega y Polo que mostraron una mayor longitud de tallo floral a punto de corte en la localidad de Santa Ana y que representan una asociación positiva entre las variables longitud de tallo y acumulación de unidades calor. Por último, estos resultados muestran también variación en la longitud de tallo dependiente de la variedad.

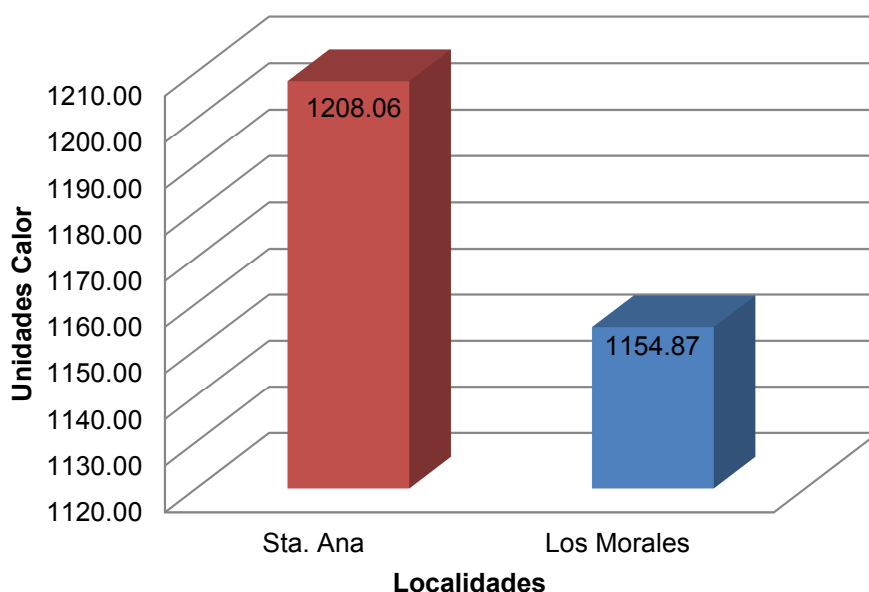


Figura 14. Unidades Calor acumuladas en invernaderos de producción de rosa en las localidades de Los Morales y Sta. Ana Ixtlahuatzingo, durante los meses de Diciembre de 2008 y Febrero de 2009

7.6 Comparación de longitud de tallo entre las variedades Polo y Vega de las localidades Los Morales y Santa Ana Ixtlahuatzingo.

La diferencia en crecimiento de la variedad de rosa Vega es de 193.8 cm, con respecto a la localidad de Los Morales y Santa Ana Ixtlahuatzingo respectivamente, y para la variedad Polo la diferencia fue de 164.8 cm. Este crecimiento probablemente influido por la acumulación de unidades calor, ya que en la localidad de Santa Ana Ixtlahuatzingo fue mayor.

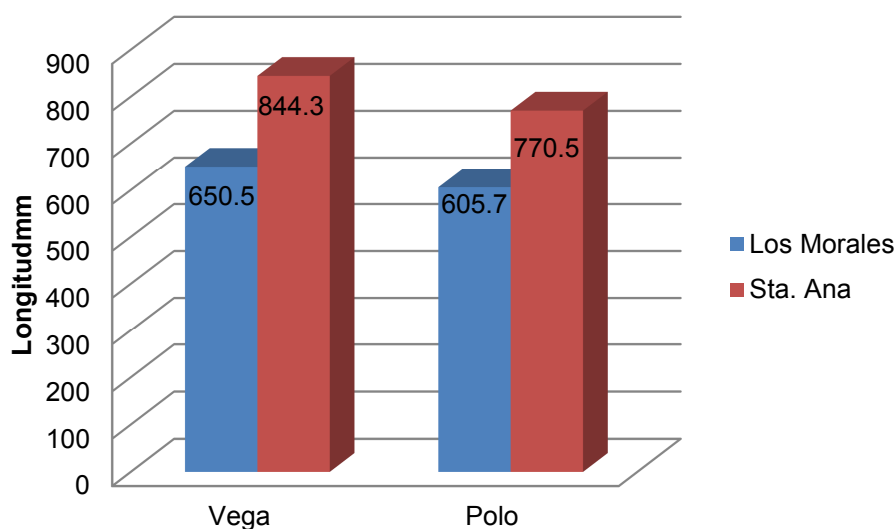


Figura 15. Comparación de longitudes de tallo en las variedades Vega y Polo en las localidades de Los Morales y Sta. Ana Ixtlahuatzingo, Tenancingo, Estado de México

7.7 Análisis de varianza

El análisis de varianza entre variedades para longitud de tallo a punto de corte para una misma localidad fue significativo ($P > 0.01$). Las diferencias promedio entre Polo y Vega para la localidad de Los Morales fue de aproximadamente de 50 cm, mientras que para Santa Ana Ixtlahuatzingo fue de 74 cm. Esto confirmado con los estudios realizados por Berninger y Barrade citados por (De Hoog S. *et al.*, 2001) donde demostraron que la diferencia entre el crecimiento está determinada por la temperatura promedio y la variedad a cultivar.

El análisis de varianza para longitud de tallo en etapa de punto de corte, entre localidades, demostró diferencias significativas entre variedades y entre localidades (Cuadro 11). Para la variedad polo en las dos localidades hubo diferencias altamente significativas ($P > 0.01$).

Cuadro 11. Etapas fenológicas y longitud de tallo para las variedades Polo y Vega respectivamente

Variedad Fenología/var.Polo	Los Morales Long mm	Sta. Ana Long mm	Variedad Fenología/Var. Vega	Los Morales Long. mm	Sta. Ana Long mm
Pinch/Poda	0.0	0.000	Pinch/Poda	0.0	0.000
Yema hinchada	0.0	0.000	Yema hinchada	0.0	0.000
Yema brotada	11.2	8.700	Yema brotada	8.3	10.800
Brote de 2–4 HV	34.2	33.900	Brote de 2–4 HV	37.7	45.200
Brote de 6–8 HV	83.2	72.000	Brote de 6–8 HV	103.2	97.450
Brote de 8–10 HV	202.7	144.100	Brote de 8–10 HV	261.8	354.750
Brote de 10–12 HV	374.1	256.000	Brote de 10–12 HV	472.0	566.000
Inicio de botón	485.7	560.300	Inicio de botón	559.5	729.250
Chícharo pequeño	568.9	701.000	Chícharo pequeño	616.8	827.800
Chícharo mediano/Punto color	605.7	770.500	Chícharo mediano/Punto color	650.5	844.300
Corte	605.7	770.500	Corte	650.5	844.300

Independientemente de la variedad, en la localidad de Santa Ana se presenta un crecimiento más acelerado de los tallos florares, esto derivado de la cantidad de calor o unidades calor acumuladas dentro del ciclo de producción, esto justificado con los cálculos de temperatura promedio obtenidos dentro de la presente investigación, mostrando una diferencia de unidades calor de 37.

El Anova entre las variedades Polo y Vega en las dos localidades mostró diferencias altamente significativas entre variedades y localidad, mostrando interacción entre ambos factores (Cuadro 12).

Cuadro 12. Niveles de significancia entre tratamientos, localidades, variedades y su interacción analizados para longitud de tallo durante 8 semanas.

F.V	Semanas							
	3	4	5	6	7	8	9	10
Tratamientos	**	**	**	**	**	**	**	**
Localidades (A)	**	**	**	**	**	*	**	**
Variedades (B)	ns	**	*	**	**	**	**	ns
Interacción (AxB)	ns	ns	*	*	**	*	ns	ns

*= significativo

**= altamente significativo

ns: no significativo

Los resultados del análisis de varianza muestran diferencias altamente significativas entre los tratamientos, (que son las localidades en conjunción con las variedades), lo que quiere decir, que la longitud de los tallos de rosa, esta influenciada por la localidad y la variedad; en el caso de la interacción de la localidad con la longitud del tallo de rosa de igual forma en la mayoría de las observaciones se presenta una interacción alta.

Como resultado de este análisis se obtiene que la interacción entre las variedades y localidades se da entre las semanas 5 a la 8, sugiriendo que antes de estas semanas el proceso de aumento de longitud de tallo esta determinado por el crecimiento natural de la planta. Entre las semanas en las que se muestra la interacción, la influencia de la localidad de siembra y la variedad establecida, cumplen un papel fundamental en el crecimiento y elongación de tallo de rosa, en conjunción con la acumulación de unidades calor, que son determinantes para el crecimiento acelerado de los tallos.

8 Discusión

8.1 Observación de etapas fenológicas

La importancia del conocimiento de la fenología de las plantas es fundamental para el desarrollo productivo de especies con relevancia económica, por lo que la observación y determinación de las etapas fenológicas, que definen el periodo de producción, es importante para la planeación de los cultivos. Los procesos de división celular determinan los periodos de diferenciación, crecimiento y desarrollo de una planta (Bidwell *et al.*, 2002), desde el momento de la germinación hasta la formación de nuevas semillas.

Para poder establecer los días y cambios de las etapas fenológicas de una planta, se debe de considerar lo mencionado por Andrew Hopkins (Hopkins, 1919) sobre la bioclimática, donde se recomienda el uso de observaciones fenológicas en lugar de observaciones meteorológicas ya que las primeras integran los efectos del microclima y los factores edáficos en la vida de las plantas, de tal forma que otro instrumento no lo puede hacer. El mismo autor menciona que es fundamental la observación de dichos fenómenos, involucrarse de forma precisa en el comportamiento de los cultivos, realizar determinaciones en tiempo de cada uno de los fenómenos observados además detener conocimiento de las temperaturas presentes en el cultivo. Gracias a esto se puede estimar la duración de cada etapa fenológica de un cultivo como base en la acumulación de calor y pronosticar su

fecha aproximada de madurez fisiológica, lo cual permitirá programar las actividades de cosecha apropiadamente.

8.2 Identificación de etapas fenológicas

La presencia de un estado fenológico no solo depende la observación del estado de un órgano por separado. (Mutke *et al.*, 2000) El mismo autor menciona que interesa evaluar el conjunto de los órganos de una unidad de muestreo, que suele ser en su caso una rama o un árbol y cuya evolución no suele estar del todo sincronizada en todos los árboles de una parcela, y ni siquiera en la copa de un mismo árbol. Por ello, para determinar el estado de un árbol, se asigna el estado más frecuente que se observa en sus yemas (concepto de valor moda), y por extensión, al conjunto de una plantación el estado más abundante entre sus árboles. En el caso de las observaciones de las etapas fenológicas del cultivo de rosal la asignación del estado fenológico se hizo mediante la visualización directa de las características de cada brote y mediante la medición de la longitud de los tallos, además de que se realizó un muestreo de los tallos y en base a la mayor presencia de determinada etapa se estableció como etapa fenológica de esa semana.

De acuerdo con Cáceres (Cáceres *et al.*, 2003) el periodo vegetativo del cultivo de rosal se subdivide en inducción del brote y desarrollo del tallo floral, que en la mayoría de los casos presenta 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 sobre diámetro de brote identificados como 'arroz' ($\varnothing = 0.4$ cm), arveja ($\varnothing = 0.5-0.7$ cm), garbanzo (0,8-1,2 cm), rayar color (muestra color) y 'corte' (cosecha). Ya consideradas estas etapas fenológicas se realizó una comparación con los estadios presentados o denominados en la zona de producción de interés en esta investigación, quedando de la siguiente manera: Pinch, yema hinchada, yema brotada, brote de 2 a 4 hojas visibles, brote de 6 a 8 hojas visibles, brote de 10-12 hojas visibles, inicio de botón (arroz), chícharo chico (arveja), chícharo mediano (garbanzo), chícharo grande, punto color (rayar color) y corte (cosecha). Cada una de estas etapas coinciden con la mayoría de las propuestas por Cáceres (Cáceres *et al.*, 2003). En este estudio se consideraron más etapas, que van desde el pinch de los tallos hasta el corte de la flor, para poder establecer un comparativo o diferenciación entre cada una de las etapas fenológicas presentadas, como resultado de ello, se observó una diferenciación de etapas aproximadamente cada semana.

Durante el desarrollo de la planta ya determinadas las etapas fenológicas del cultivo de rosal se tomaron fotografías de cada una de estas etapas como lo menciona Mutke (Mutke *et al.*, 2000) en donde proponen que la metodología para definir los estados fenológicos de una especie se basa en describir el aspecto que toma cada órgano durante las fases por las que pasa en su desarrollo y que este se puede acompañar de figuras o fotografías.

Uno de los motivos de la realización de un estudio de fenología y unidades calor es el de la determinación de épocas de cosecha. Heuvel dop (Heuvel dop P. *et al.*,

1986) basa sus estudios en la fenología, y elabora modelos de producción para programación de cultivos que incluyan la identificación de épocas críticas de desarrollo de diversas especies y determinación de épocas de cosecha.

Valor (Valor *et al.*, 2001) reconoce de importancia la identificación de las etapas fenológicas para un adecuado control de plagas y enfermedades. El conocimiento y determinación de las etapas fenológicas del cultivo de rosal en la región sur del Estado de México, puede contribuir para un manejo de agroquímicos racionado y amigable con el ambiente. Para poder establecer fechas de corte y comportamiento del cultivo surge la necesidad de evaluar mismas especies o variedades de cultivos en diferentes zonas de producción como lo menciona Arena (Arena *et al.*, 2001) que emplea el registro de las diferentes fases fenológicas en distintos sitios de muestreo el cual permitirá evaluar las diferencias en el ciclo vegetativo de dichos lugares.

8.3 Calculo de unidades calor

Las Unidades Calor o grados día fueron definidos por Quételet (Quételet, 1853), como de acumulación constante, pero estudios realizados por Candolle citado por Torres (Torres R., 2006), demuestra que en la presencia de ciertas temperaturas el crecimiento y desarrollo de las plantas se frena y que existe un periodo de temperatura en el cual la planta tendrá un desarrollo pleno. Conocer este periodo es de suma importancia para la determinación de las unidades calor que necesita determinado cultivo. Para el caso de la rosa, este espacio de tiempo fue determinado por la Universidad de los Andes (Universidad de los Andes, 2003),

donde establece una temperatura mínima de 5.3° y una máxima de 30°. En la presente investigación se pudo observar que el crecimiento no se detuvo por grandes periodos sino sólo en temperaturas fuera del rango descrito. Esto demuestra el porqué de las variaciones en días y horas calor necesarias para que un tallo de rosa produzca un botón floral. Como resultado de este trabajo de investigación se obtuvo que en la Localidad de Los Morales la variedad Vega completó su ciclo en 985.2 UC y la variedad Polo en 901.8 UC. Sin embargo, en la localidad de Santa Ana Ixtlahuatzingo, la variedad Vega se necesitó un total de 1022.8 UC, y en la variedad Polo 917.4 UC. Dichas cifras dieron como resultado diferencias significativas entre variedades ($P > 0.01$) y localidades ($P > 0.01$) de acuerdo con el análisis de varianza. En otros estudios realizados por Rodríguez (Rodríguez *et al.*, 2006) establece que la variedad de rosa "Freedom" cultivada en Colombia, requiere 90 días para la cosecha de flores y 862.9 unidades calor. Lo anterior demuestra que la floración no solo depende de la variedad ni de las condiciones geográficas de la zona sino también de las variaciones de temperatura y acumulación de unidades calor. Dentro del seguimiento del cultivo de la presente investigación, se observó que la disminución de las variaciones de temperatura fuera de los umbrales establecidos para rosa fue resultado del manejo de cortinas de ventilación de los invernaderos.

Una de las ventajas del conocimiento de la fenología de una especie vegetal establece que el crecimiento y desarrollo de las plantas puede ser caracterizado por el número de días entre eventos observables, tales como floración y madurez

de frutos, etc. (Villalpando I. *et al.*, 1993). El número de días entre eventos, sin embargo, puede constituir una mala herramienta porque las tasas de crecimiento varían con las temperaturas, y éstas cambian de unos años a otros, como podemos observar con los datos registrados por Rodríguez (Rodríguez *et al.*, 2006) citado anteriormente y los obtenidos en la presente investigación. La medición de eventos puede ser mejorada si se expresan las unidades de desarrollo en términos de tiempo fisiológico en lugar de tiempo cronológico, por ejemplo en términos de acumulación de temperatura. Es así como De Candolle (De Candolle, 2008), determinó el concepto de la integral térmica o suma de calor, definida por la cantidad de calor sumada por encima de cierto umbral de actividad fisiológica t_0 . Su unidad es el producto unidad calor ($^{\circ}d$) que se calcula restando de la temperatura media diaria t , la temperatura umbral t_0 , y sumando estos valores diarios durante el ciclo de desarrollo de la planta:

$$^{\circ}d = \sum (t - t_0) t > t_0$$

Azuke (Pérez D. A., 2010) establece que para completarse una etapa fenológica es necesario la acumulación de cierto número de unidades calor llamado también como: Requerimiento Térmico, (RT) y este se mide en unidades calor sobre la temperatura base.

En este estudio se tomó en consideración las metodologías descritas por Arena y Novoa (Arena *et al.*, 2001; Novoa *et al.*, 2005) para la observación y mediciones de crecimiento del brote del rosal, así como, la determinación de las etapas desde

yema hinchada hasta tallo floral identificados como estados fenológicos sucesivos por los que pasa la planta, sus órganos o sus elementos. Estos parámetros permitieron conocer el grado de desarrollo de dicho brote, que junto con el cálculo de unidades calor acumuladas generaron una curva de crecimiento. En este sentido Arena (Arena *et al.*, 2001) establece que los estados fenológicos permiten hacer un seguimiento descriptivo del desarrollo de dicha especie con una metodología estandarizada. A su vez, la observación cronológica y sistemática de las distintas fases fenológicas, permite conocer la respuesta del vegetal al medio ecológico en el que se encuentra. Por su parte Novoa (Novoa *et al.*, 2005) establece que los estados fenológicos de una especie pueden definirse según diversos factores, como los sucesos reproductivos individuales de la planta, las interacciones con otros organismos (polinizadores, dispersores, plagas, etc.), las dinámicas poblacionales vegetales o el funcionamiento del ecosistema.

La curva de crecimiento de los tallos de rosa, donde también se establecen las UC y la etapa fenológica, está definida como la cinética del crecimiento de una planta que sigue una curva sigmoidea, en la que se distinguen tres partes: a) un periodo temprano de corta duración en el que el crecimiento es lento, correspondiendo al estado de plántula; b) un periodo central de crecimiento rápido, que corresponde al crecimiento vegetativo de la planta y c) un periodo final en el que el crecimiento es menos acelerado, hasta volverse nulo y que corresponde a las etapas de floración y madurez del fruto (Bidwell *et al.*, 2002). Similares observaciones, de la presente investigación, muestran las mismas curvas de crecimiento semanal de

los tallos de rosa, en donde las primeras etapas fenológicas identificadas para producción de tallos florales, como yema inchada, yema brotada y la aparición de las primeras hojas, muestran crecimiento lento pero constante de no más de 0.10 cm diarios; en la segunda etapa que es la de crecimiento rápido se observaron los estados fenológicos de 10/12 hojas visibles y la aparición de los chicharos o botones florales; dentro de estas etapas fenológicas se presentó el mayor crecimiento con longitudes que fueron hasta los 2.63 cm diarios. Después de estas etapas se observó un incremento lento pero constante.

Un modelo típico de crecimiento anual de una planta, puede dividirse en tres fases: la fase logarítmica o exponencial; fase lineal y fase de declinación de la tasa de crecimiento (envejecimiento o senilidad). La tasa de crecimiento se observa con el incremento continuo durante la fase exponencial; es constante durante la fase lineal donde el crecimiento es lento y declina hasta cero en la senilidad. Al seguir el crecimiento de una planta a través de su ciclo fenológico, midiendo periódicamente su altura o peso, se observa que la curva de crecimiento de la planta, así como cualquiera de sus órganos, tiene una curva sigmoide. La sigmoide de crecimiento de la planta completa es la curva resultante de las sigmoides parciales del crecimiento de cada uno de los órganos del vegetal. Todos los seres vivos presentan una curva de crecimiento sigmoide. (Bidwell *et al.*, 2002)

8.4 Correlación

Con los resultados del análisis de correlación se observa que el efecto de la acumulación temperatura sobre el crecimiento de la planta es positivo, es decir, que conforme se van acumulando unidades calor, la planta muestra crecimiento. Terra (Terra D. A. *et al.*, 2003) señala una relación lineal entre el incremento de temperatura y el desarrollo de la planta. Este resultado, apoyado con los análisis de correlación, permite señalar que el calor estimula el desarrollo de las plantas de rosa.

En relación con las temperaturas, Bensa citado por Bañon (Bañon A. *et al.*, 1993) menciona que la rosa requiere temperaturas mínimas para crecimiento vegetativo de 5–6 °C y de 12–14 °C para formar el botón floral. Con temperaturas superiores a los 45 °C, la planta sufre daños, no siendo aconsejable rebasar los 30 °C, ya que se producen alteraciones fisiológicas negativas para el cultivo.

Las condiciones de temperatura máximas promedio de las dos localidades objeto de estudio, están dentro del rango de temperaturas idóneas para el desarrollo del cultivo de rosal, siendo estas temperaturas de 37.5 y 35.53° C, para Los Morales y Santa Ana Ixtlahuatzingo respectivamente.

Los promedios de temperatura mínimos presentados en los días de registro son 7.91 y 6.14 para Los Morales y Santa Ana Ixtlahuatzingo respectivamente.

Las diferencias en la acumulación de calor se encuentran alrededor de 16 unidades de una localidad a otra, la variedad Polo requirió de 985.2 unidades en la

localidad de Los Morales, y en la Localidad de Santa Ana requirió de 1022.8 unidades calor. Estas diferencias están relacionadas con las condiciones de temperatura media de las localidades, mientras en Los Morales la temperatura promedio durante la época de crecimiento de la planta fue de 16.82° en Santa Ana fue de 17.82, con la existencia de 1 grado de diferencia.

De Hoog (De Hoog S. *et al.*, 2001) menciona que la velocidad con que se desarrolla el botón hasta convertirse en vástago está influenciada por la temperatura, por lo que el promedio de ésta es el factor más significativo. La temperatura influye poco sobre la iniciación floral, aunque afecta el número de sépalos y el porcentaje de flores malformadas. El crecimiento de los tallos de rosal se vieron influenciados también con el manejo agronómico del cultivo, como lo es la fertilización, el manejo de riegos y la utilización de reguladores de crecimiento, el tipo de invernadero y los materiales de cubierta de los mismos, coincidiendo con sus reportes donde menciona que la temperatura promedio de producción y la estrategia de manejo de la temperatura influyen sobre el desarrollo de las plantas de rosa, aunque con frecuencia este efecto se combina con aquéllos producidos por otros factores, tales como la luz, la humedad relativa y el CO₂.

La acumulación de diferentes unidades calor en las dos localidades, está determinada por la ubicación geográfica de las localidades, la temperatura promedio en cada una de ellas, además de que se condiciona por el tipo de invernadero, su orientación, el tipo de cubierta plástica ya sea en calibre y el grado de sombra del mismo y el manejo de cortinas del invernadero; cada una de estas

características hace que la respuesta de las variedades sea diferente al momento de cambiar de un estado fenológico a otro. Cabe mencionar que las condiciones de temperatura de las localidades son similares, pero no son determinantes para las distintas localidades o regiones de producción de las zonas circundantes al lugar de estudio, aunque pueden ser utilizadas como referencia para el cálculo o aproximación de las unidades calor, necesarias para determinada localidad.

Aun cuando no se considero el número de tallos a producción dentro de un intervalo de temperaturas o unidades calor determinadas, es importante señalar que esta variable también es afectada por la temperatura. De Hoog (De Hoog S. *et al.*, 2001) establece que las temperaturas elevadas conducen a la producción de un mayor número de tallos, aunque también, de flores más cortas y menos pesadas.

9 Conclusiones

- Se Identificaron doce etapas fenológicas del cultivo de rosa (*Rosa x híbrida*) desde yema floral hasta corte de flor en las variedades Vega y Polo cultivadas en las localidades de los Morales y Santa Ana de la región florícola del estado de México.
- Las unidades calor acumuladas en el ciclo de producción del cultivo de rosa (*Rosa x híbrida*) fueron determinadas con el método de seno doble que fue el que menos coeficiente de variación exhibió.
- En la localidad de los Morales ciclo fenológico del cultivo desde yema inchada hasta punto de corte se cumplió a la acumulación de 901.8 UC para la variedad Polo y 985.2 UC para la variedad Vega; en tanto que en la localidad de Santa Ana el ciclo fenológico del cultivo fue de 917.4 UC y 1022.8 UC para la variedad Polo y Vega respectivamente.
- Existió una correlación positiva entre la longitud de tallo y las unidades calor acumuladas en las variedades de rosa en ambas localidades. Para Los Morales Vega y Polo tuvieron valores de $r=0.959$ y 0.972 respectivamente. En tanto que en Santa Ana las variedades Vega y Polo dieron valores de $r=0.952$ y 0.947 respectivamente.
- Existe interacción entre las variedades y localidades lo que indica influencia de la localidad en el crecimiento la planta.

10 Recomendaciones

- Evaluar los métodos de cálculo de Unidades Calor existentes con las diferentes variedades de rosa (*Rosa x híbrida*) en la región florícola con la finalidad de generar una herramienta de programación de producción para los productores.
- Clasificar las variedades de rosa en base a Unidades Calor con el mejor método de cálculo y agruparlas de acuerdo a cada región productora, así como establecer sus diferencias.
- Las variaciones que se presentan en la acumulación de unidades calor entre las variedades y entre las localidades para la producción de tallos florales pueden también estar asociadas al manejo agronómico y de invernadero que se le da al cultivo, por lo cual su medición también resultaría importante por su efecto en parámetros asociados a la calidad de la flor y tiempo de corte.

11 Bibliografía

- Alcántara R., A. (1987). *Fenología y Cambios Estacionales*. Notas de clase para Fenología Agrícola y Agrometeorología. México, D.F.
- Arena, M. E., Peri, P., & Vater, G. (2001). Producción de frutos y crecimiento de *Berberis heterophylla* Juss. en dos sitios de la Patagonia austral. *Investigación agraria. Producción y protección vegetal.*, 16, 73.
http://www.inia.es/gcontrec/pub/arena_1161158389234.pdf
- Bañon A., S., Gonzalez B. G., A., Fernández H., J. A., & Cifuentes R., D. (1993). *Gerbera, Liliium, Tulipán y Rosa*. Madrid, España: Ediciones Mundi Prensa.
- Barrios F., D. (2005). Monografía Ornamentales. *Secretaría de Desarrollo Rural del Estado de Puebla, 2005-2011*.
<http://www.sdr.gob.mx/Contenido/Cadenas%20Productivas/DOCUMENTOS%20CADENAS%20AGROPECUARIAS/agricolas/ORNAMENTALES/monografia%20Ornamentales.pdf>
- Bidwell, R. G. S., Cano, G. G. C., & Garcidueñas, M. R. (2002). *Fisiología Vegetal* (Editor, A. Ed. 1 ed.). México, D.F.: AGT Editor.
- Bujanos, M. R., Marin, A., Galván, F., & Byerly, K. F. (1993). Manejo integrado de la palomilla dorso de diamante (*Plutella xylostella* (L.) (*Lepidoptera Yponomeutidae*) en el Bajío, México. *Publicación especial*(4), 5-16.

- Bustos C., T. d. R., Mejía A., D. E., Marín J., C., & Bujanos M., A. (1993). Results inform 2nd stage state emergency campaign; Strategy for the integral management of the oebalus in sorghum in Guanajuato State. (Vol. 1, pp. 21-26). Celaya, Gto. México: Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuaria.
- Cáceres, L. A., Nieto, D. E., Flóres, V. J., & Chaves, B. (2003). *Efecto del Acido giberélico sobre el desarrollo del botón floral en tres variedades de rosa (Rosa sp.)*. Universidad Nacional de Colombia, Bogotá, Colombia.
- De Candolle, A. (2008). *Origin Of Cultivated Plants* (Press, D. Ed.). Alemania: Deutsch Press.
- De Hoog S., J., Duys, D., & B.V., P. P. O. (2001). *Handbook for modern greenhouse rose cultivation* (Research, A. P. Ed.). Holanda: Applied Plant Research, Aalsmeer y Naaldwijk.
- Fournier O., L. A., & Charpentier E., C. (1975). El tamaño de la muestra y la frecuencia de las observaciones en el estudio de las características fenológicas de los árboles tropicales. *Turrialba, Vol. 25(1)*, 45-48.
- Gobierno del Estado de México. (2010). Anuario Estadístico de la Producción Agrícola. Consultado el 2 de Septiembre de 2012, 2012, en <http://www.campomexiquense.gob.mx/>
- Heuveltop P., J., Pardo T., J., Salvador, Q. C., & Espinoza P., L. (1986). *Agroclimatología Tropical*. San José, Costa Rica: Universidad Estatal a Distancia.

- Hodges, T., Doraiswamy, P. C., Agriculture, U. S. D. o., AgRISTARS, Engineering, L., Co, M. S., Center, L. B. J. S., Aeronautics, U. S. N., & Administration, S. (1979). *Technical Report: Crop Phenology Literature Review for Corn, Soybean, Wheat, Barley, Sorghum, Rice, Cotton, and Sunflower*. Houston, Texas: Lyndon B. Johnson Space Center, NASA.
- Hopkins, A. D. (1919, Junio). The Bioclimatic Law as Applied to Entomological Research and Farm Practise. *The Scientific Monthly*, 8, 496-513.
- McMaster, G. S., & Wilhelm, W. W. (1997). Growing degree-days: one equation, two interpretations. *Agricultural and Forest Meteorology*, 87(4), 291-300. doi: 10.1016/S0168-1923(97)00027-0
- Mutke, R. S., & De Grado, R. S. (2000). *Fenología de Pinus pinea L. en un banco clonal (Valladolid)*. Valladolid, España: Palencia.
- Neild, R., & Seeley, M. W. (1977). Applications of growing degree days in field corn production. *Agrometeorology of the maize crop*, 481, 426-436.
- Novoa, S., Ceroni, A., & Arellano, C. (2005). Contribución al conocimiento de la fenología del cactus *Neoraimondia arequipensis* subsp. roseiflora (Werdermann & Backeberg) Ostolaza (Cactaceae) en el Valle del Río Chillón, Lima-Perú *Ecología aplicada* (Vol. 4, pp. 1-2: 35-40). Lima, Perú.
- Ochoa Bautista, R., & Ortega Rivas, C. (2006). La floricultura mexicana, el gigante esta despertando. *Claridades Agropecuarias*, 60.

- Pérez D. A., M. (2010). La fenología como herramienta en la agroclimatología. Consultado el 20 de septiembre de 2012, 2012, en <http://www.infoagro.com/frutas/fenologia.htm>
- Quételet, A. (1853). *Mémoire sur les variations périodiques et non périodiques de la température: d'après les observations faites, pendant vingt ans, a l'Observatoire Royal de Bruxelles*. Bruselas, Bélgica: Académie royale de Belgique.
- Rodríguez, W. E., & Florez, V. J. (2006). Comportamiento fenológico de tres variedades de rosas rojas en función de la acumulación de la temperatura. *Agronomía Colombiana*, 24(2), 247-257. <http://redalyc.uaemex.mx/src/inicio/ArtPdfRed.jsp?iCve=180316239006>
- Ruiz, A. (1991). Caracterización Fenológica del Guayabo (*Psidium guayava* L.). Montecillo, México.
- Salinger, J. P., & Fábregas G., F. (1991). *Producción comercial de flores*. Zaragoza, España: Acribia, Editorial, S.A.
- Schwartz, M. D. (1999). Advancing to full bloom: planning phonological research for the 21st century. *International Journal of Biometeorology*, 42, 113-118.
- Seber, G. A. F., & Wild, C. J. (2003). *Nonlinear regression* (Vol. 503). New York John Wiley and Sons.
- Secretaría de Desarrollo Agropecuario. (2006). Información florícola del Estado de México. Estado de México: Dirección de Cultivos Intensivos.

- Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. (2004). SIAP, SAGARPA. Consultado el 20 de septiembre de 2012, en www.siap.gob.mx/
- Terra D. A., F., Salassier, B., Fernandes D. S., E., David M., S. L., & Grippa, S. (2003). Growth and yield of papaya under irrigation. *Scientia Agricola*(60), 419-424.
- Torres R., E. (2006). *Agrometeorología* (2 ed.). México, D.F. : Editorial Trillas, S.A. de C. V.
- Universidad de los Andes. (2003). Curso Taller - Construcción del modelo de grados-día para la predicción y manejo de cultivos de rosa. Bogotá, Colombia: Facultad de Ciencias, Universidad de los Andes.
- University of California. (2003). Phenology Models. Consultado el 20 de septiembre de 2012, en <http://www.ipm.ucdavis.edu/WEATHER/ddphenology.html>
- Valor, O., & Bautista, D. (2001). Estudio fenológico de cuatro variedades de vid bajo las condiciones de El Tocuyo Estado Lara. *Bioagro*, 13(2), 57-63. <http://redalyc.uaemex.mx/redalyc/src/inicio/ArtPdfRed.jsp?iCve=85713202>
- Van Den Berg, G. A. (1987). *Influence of temperature on bud break, shoot growth, flower bud atrophy and winter production of glasshouse roses*. Van den Berg, [S.I.]. Consultado en <http://edepot.wur.nl/201296>
- Villalpando I., J. F., Biswas, B. C., Mariscal, C. R., Coulibaly, A., Gat, Z., R., G., Jacquart, C., Lomoton, B. S., Perry, K. B., Ulanova, E. S., & Ussher, A. (1993). *Practical use of agrometeorological data and information for*

planning and operational activities in agriculture (Organization, W. M. Ed.).
Ginebra, Suiza: Secretariat of the World Meteorological Organization.

- Volpe, C. A. (1992). Citrus Phenology. *Proceedings of the Second International Seminar on Citrus Physiology*, 103-122.
- Yong, A. (2004). El cultivo del rosal y su propagación. *Cultivos Tropicales* [en línea] *Redalyc*, 25(2), 53-67.

12 Anexos

Anexo 1. Temperaturas máximas-mínimas y unidades calor para la Localidad de Los Morales para Diciembre 2008

FECHA	T° MAX.	T° MIN.	T° PROM.	UTI	UTM	UC	UC Acumuladas
01-dic-08	0.00	0.00	0.00				
02-dic-08	0.00	0.00	0.00				
03-dic-08	0.00	0.00	0.00				
04-dic-08	0.00	0.00	0.00				
05-dic-08	0.00	0.00	0.00				
06-dic-08	0.00	0.00	0.00				
07-dic-08	0.00	0.00	0.00				
08-dic-08	42.00	0.00	21.00	7.00	32.00	13.2	13.2
09-dic-08	49.50	7.00	28.25	7.00	32.00	15.9	29.0
10-dic-08	47.50	5.00	26.25	7.00	32.00	15.1	44.1
11-dic-08	47.50	4.00	25.75	7.00	32.00	14.9	59.1
12-dic-08	41.00	4.50	22.75	7.00	32.00	14.0	73.1
13-dic-08	46.00	4.50	25.25	7.00	32.00	14.9	88.0
14-dic-08	48.00	7.00	27.50	7.00	32.00	15.7	103.7
15-dic-08	36.00	5.50	20.75	7.00	32.00	13.2	116.9
16-dic-08	35.50	5.00	20.25	7.00	32.00	13.0	129.8
17-dic-08	36.00	5.50	20.75	7.00	32.00	13.2	143.1
18-dic-08	37.50	4.50	21.00	7.00	32.00	13.3	156.4
19-dic-08	37.50	7.50	22.50	7.00	32.00	14.1	170.5
20-dic-08	37.50	3.50	20.50	7.00	32.00	13.0	183.6
21-dic-08	37.00	3.50	20.25	7.00	32.00	12.9	196.5
22-dic-08	34.50	3.50	19.00	7.00	32.00	12.3	208.8
23-dic-08	35.50	5.00	20.25	7.00	32.00	13.0	221.7
24-dic-08	36.00	5.50	20.75	7.00	32.00	13.2	234.9
25-dic-08	35.00	4.50	19.75	7.00	32.00	12.7	247.6
26-dic-08	36.50	4.50	20.50	7.00	32.00	13.1	260.7
27-dic-08	36.50	4.50	20.50	7.00	32.00	13.1	273.8
28-dic-08	38.00	6.00	22.00	7.00	32.00	13.8	287.6
29-dic-08	35.50	5.50	20.50	7.00	32.00	13.1	300.7
30-dic-08	36.50	6.50	21.50	7.00	32.00	13.6	314.3
31-dic-08	33.50	6.50	20.00	7.00	32.00	12.9	327.2
PROMEDIO	39.00	4.96	21.98			13.6	

Anexo 2... Temperaturas máximas y mínimas de la Localidad Los Morales para Enero 2009.

FECHA	T° MAX.	T° MIN.	T° PROM.	UTI	UTM	UC	UC Acumuladas
01-ene-09	35.50	6.00	20.75	7.00	32.00	13.2	340.4
02-ene-09	36.50	6.00	21.25	7.00	32.00	13.5	353.9
03-ene-09	29.50	6.50	18.00	7.00	32.00	11.5	365.5
04-ene-09	37.00	7.50	22.25	7.00	32.00	14.1	379.5
05-ene-09	37.50	7.00	22.25	7.00	32.00	14.0	393.5
06-ene-09	37.50	4.00	20.75	7.00	32.00	13.2	406.7
07-ene-09	38.50	4.00	21.25	7.00	32.00	13.4	420.1
08-ene-09	38.00	4.50	21.25	7.00	32.00	13.4	433.5
09-ene-09	39.00	5.00	22.00	7.00	32.00	13.8	447.3
10-ene-09	37.50	4.00	20.75	7.00	32.00	13.2	460.4
11-ene-09	36.00	5.00	20.50	7.00	32.00	13.1	473.5
12-ene-09	38.00	6.50	22.25	7.00	32.00	14.0	487.5
13-ene-09	26.50	8.50	17.50	7.00	32.00	11.3	498.8
14-ene-09	37.00	5.00	21.00	7.00	32.00	13.3	512.1
15-ene-09	26.50	10.00	18.25	7.00	32.00	11.8	523.8
16-ene-09	29.50	10.50	20.00	7.00	32.00	13.0	536.9
17-ene-09	33.00	5.00	19.00	7.00	32.00	12.2	549.1
18-ene-09	33.50	7.00	20.25	7.00	32.00	13.0	562.1
19-ene-09	36.50	7.00	21.75	7.00	32.00	13.8	575.9
20-ene-09	37.00	5.00	21.00	7.00	32.00	13.3	589.2
21-ene-09	36.50	4.50	20.50	7.00	32.00	13.1	602.3
22-ene-09	36.50	4.50	20.50	7.00	32.00	13.1	615.4
23-ene-09	37.50	4.50	21.00	7.00	32.00	13.3	628.7
24-ene-09	38.00	5.50	21.75	7.00	32.00	13.7	642.4
25-ene-09	39.50	4.50	22.00	7.00	32.00	13.7	656.1
26-ene-09	39.50	4.00	21.75	7.00	32.00	13.6	669.7
27-ene-09	41.00	4.00	22.50	7.00	32.00	13.9	683.6
28-ene-09	41.50	8.50	25.00	7.00	32.00	15.2	698.8
29-ene-09	40.50	7.50	24.00	7.00	32.00	14.8	713.6
30-ene-09	34.00	7.00	20.50	7.00	32.00	13.2	726.8
31-ene-09	38.00	5.50	21.75	7.00	32.00	13.7	740.5
PROMEDIO	36.21	5.94	21.07			13.33	

Anexo 3. Temperaturas máximas y mínimas de la Localidad Los Morales para Febrero 2009

FECHA	T° MAX.	T° MIN.	T° PROM.	UTI	UTM	UC	UC Acumuladas
01-feb-09	34.50	6.00	20.25	7.00	32.00	13.0	753.5
02-feb-09	38.50	5.00	21.75	7.00	32.00	13.7	767.1
03-feb-09	40.50	8.00	24.25	7.00	32.00	14.9	782.0
04-feb-09	37.50	5.00	21.25	7.00	32.00	13.4	795.4
05-feb-09	37.50	3.00	20.25	7.00	32.00	12.9	808.4
06-feb-09	38.00	0.50	19.25	7.00	32.00	12.4	820.8
07-feb-09	39.00	1.00	20.00	7.00	32.00	12.8	833.6
08-feb-09	39.50	2.00	20.75	7.00	32.00	13.1	846.7
09-feb-09	39.50	4.50	22.00	7.00	32.00	13.7	860.4
10-feb-09	39.50	6.50	23.00	7.00	32.00	14.3	874.7
11-feb-09	40.50	4.00	22.25	7.00	32.00	13.8	888.5
12-feb-09	37.50	4.50	21.00	7.00	32.00	13.3	901.8
13-feb-09	36.00	6.50	21.25	7.00	32.00	13.5	915.3
14-feb-09	35.50	7.00	21.25	7.00	32.00	13.5	928.8
15-feb-09	38.00	9.00	23.50	7.00	32.00	14.7	943.6
16-feb-09	34.50	8.00	21.25	7.00	32.00	13.6	957.2
17-feb-09	36.00	7.50	21.75	7.00	32.00	13.8	971.0
18-feb-09	36.00	8.50	22.25	7.00	32.00	14.2	985.2
19-feb-09	37.50	9.00	23.25	7.00	32.00	14.6	999.8
20-feb-09	33.00	8.00	20.50	7.00	32.00	13.2	1013.0
21-feb-09	33.50	6.50	20.00	7.00	32.00	12.8	1025.9
22-feb-09	30.50	7.50	19.00	7.00	32.00	12.4	1038.2
23-feb-09	33.00	2.50	17.75	7.00	32.00	11.7	1049.9
24-feb-09	34.00	0.50	17.25	7.00	32.00	11.4	1061.3
25-feb-09	37.00	1.50	19.25	7.00	32.00	12.4	1073.7
26-feb-09	37.00	4.50	20.75	7.00	32.00	13.2	1086.9
27-feb-09	43.00	2.00	22.50	7.00	32.00	13.8	1100.7
28-feb-09	44.00	3.50	23.75	7.00	32.00	14.3	1115.0
01-mar-09	38.50	7.00	22.75	7.00	32.00	14.2	1129.2
02-mar-09	36.50	2.50	19.50	7.00	32.00	12.6	1141.8
03-mar-09	40.50	1.00	20.75	7.00	32.00	13.1	1154.9
PROMEDIO	37.29	4.92	21.10			13.37	

Anexo 4. Temperaturas máximas y mínimas de la Localidad de Santa Ana para Diciembre 2008

FECHA	T° MAX.	T° MIN.	T° PROM.	UTI	UTM	UC	UC Acumuladas
01-dic-08	0.00	0.00	0.00				
02-dic-08	0.00	0.00	0.00				
03-dic-08	0.00	0.00	0.00				
04-dic-08	0.00	0.00	0.00				
05-dic-08	0.00	0.00	0.00				
06-dic-08	0.00	0.00	0.00				
07-dic-08	0.00	0.00	0.00				
08-dic-08	31.50	0.00	15.75	7.00	32.00	9.5	9.5
09-dic-08	47.00	14.50	30.75	7.00	32.00	18.1	27.7
10-dic-08	39.50	5.50	22.50	7.00	32.00	14.0	41.7
11-dic-08	38.00	5.50	21.75	7.00	32.00	13.7	55.3
12-dic-08	33.00	6.00	19.50	7.00	32.00	12.6	67.9
13-dic-08	39.50	5.50	22.50	7.00	32.00	13.9	81.8
14-dic-08	35.50	8.00	21.75	7.00	32.00	14.0	95.8
15-dic-08	38.50	6.00	22.25	7.00	32.00	13.9	109.7
16-dic-08	32.50	6.50	19.50	7.00	32.00	12.6	122.3
17-dic-08	43.50	5.50	24.50	7.00	32.00	14.7	137.0
18-dic-08	44.50	6.50	25.50	7.00	32.00	15.2	152.1
19-dic-08	42.50	6.00	24.25	7.00	32.00	14.8	166.9
20-dic-08	45.00	4.50	24.75	7.00	32.00	14.7	181.5
21-dic-08	46.50	5.00	25.75	7.00	32.00	15.0	196.6
22-dic-08	41.50	5.00	23.25	7.00	32.00	14.2	210.8
23-dic-08	42.00	5.50	23.75	7.00	32.00	14.4	225.2
24-dic-08	41.50	6.00	23.75	7.00	32.00	14.5	239.7
25-dic-08	34.50	6.00	20.25	7.00	32.00	13.1	252.8
26-dic-08	44.00	5.00	24.50	7.00	32.00	14.6	267.4
27-dic-08	44.50	5.50	25.00	7.00	32.00	14.8	282.2
28-dic-08	41.00	6.50	23.75	7.00	32.00	14.5	296.8
29-dic-08	41.50	7.00	24.25	7.00	32.00	14.7	311.5
30-dic-08	38.00	9.00	23.50	7.00	32.00	14.9	326.3
31-dic-08	37.00	7.00	22.00	7.00	32.00	13.8	340.2
PROMEDIO	31.05	4.76	17.90			14.17	

Anexo 5. Temperaturas máximas y mínimas de la Localidad.Santa Ana para Enero 2009

FECHA	T° MAX.	T° MIN.	T° PROM.	UTI	UTM	UC	UC Acumuladas
01-ene-09	37.50	8.00	22.75	7.00	32.00	14.4	354.6
02-ene-09	37.00	6.50	21.75	7.00	32.00	13.7	368.3
03-ene-09	34.50	7.50	21.00	7.00	32.00	13.4	381.7
04-ene-09	37.00	8.00	22.50	7.00	32.00	14.2	395.9
05-ene-09	35.00	7.50	21.25	7.00	32.00	13.7	409.7
06-ene-09	33.50	5.50	19.50	7.00	32.00	12.6	422.2
07-ene-09	36.50	5.50	21.00	7.00	32.00	13.3	435.6
08-ene-09	38.00	5.50	21.75	7.00	32.00	13.7	449.2
09-ene-09	38.50	6.00	22.25	7.00	32.00	13.9	463.2
10-ene-09	40.50	6.00	23.25	7.00	32.00	14.3	477.5
11-ene-09	34.50	6.50	20.50	7.00	32.00	13.1	490.6
12-ene-09	34.00	6.50	20.25	7.00	32.00	12.8	503.4
13-ene-09	32.50	9.50	21.00	7.00	32.00	13.8	517.2
14-ene-09	39.50	6.00	22.75	7.00	32.00	13.9	531.0
15-ene-09	32.50	11.00	21.75	7.00	32.00	14.0	545.1
16-ene-09	34.50	11.50	23.00	7.00	32.00	15.1	560.2
17-ene-09	40.00	6.50	23.25	7.00	32.00	14.3	574.5
18-ene-09	45.50	8.00	26.75	7.00	32.00	15.7	590.2
19-ene-09	36.50	7.50	22.00	7.00	32.00	14.0	604.2
20-ene-09	34.50	6.00	20.25	7.00	32.00	12.9	617.2
21-ene-09	33.50	6.50	20.00	7.00	32.00	12.9	630.1
22-ene-09	37.00	6.00	21.50	7.00	32.00	13.6	643.6
23-ene-09	35.00	6.50	20.75	7.00	32.00	13.2	656.9
24-ene-09	37.00	7.00	22.00	7.00	32.00	13.9	670.8
25-ene-09	36.50	6.50	21.50	7.00	32.00	13.7	684.5
26-ene-09	37.50	5.50	21.50	7.00	32.00	13.5	698.0
27-ene-09	39.50	6.50	23.00	7.00	32.00	14.2	712.2
28-ene-09	36.50	8.50	22.50	7.00	32.00	14.3	726.5
29-ene-09	35.50	8.50	22.00	7.00	32.00	14.0	740.5
30-ene-09	28.50	8.50	18.50	7.00	32.00	11.9	752.4
31-ene-09	37.50	7.50	22.50	7.00	32.00	14.2	766.6
PROMEDIO	36.32	7.18	21.75			13.76	

Anexo 6. Temperaturas máximas y mínimas de la Localidad Santa Ana para Febrero 2009

FECHA	T° MAX.	T° MIN.	T° PROM.	UTI	UTM	UC	UC Acumuladas
01-feb-09	33.50	7.00	20.25	7.00	32.00	13.0	779.7
02-feb-09	40.50	6.50	23.50	7.00	32.00	14.3	794.0
03-feb-09	37.00	10.00	23.50	7.00	32.00	15.1	809.1
04-feb-09	36.00	6.00	21.00	7.00	32.00	13.5	822.6
05-feb-09	33.50	4.00	18.75	7.00	32.00	12.3	834.8
06-feb-09	37.50	2.50	20.00	7.00	32.00	12.7	847.6
07-feb-09	38.00	3.50	20.75	7.00	32.00	13.1	860.6
08-feb-09	39.50	4.50	22.00	7.00	32.00	13.6	874.3
09-feb-09	42.50	6.50	24.50	7.00	32.00	14.8	889.0
10-feb-09	37.00	7.50	22.25	7.00	32.00	14.2	903.2
11-feb-09	40.00	6.00	23.00	7.00	32.00	14.2	917.4
12-feb-09	39.50	6.50	23.00	7.00	32.00	14.2	931.6
13-feb-09	40.50	7.50	24.00	7.00	32.00	14.7	946.3
14-feb-09	39.50	8.50	24.00	7.00	32.00	14.9	961.2
15-feb-09	42.50	9.00	25.75	7.00	32.00	15.5	976.7
16-feb-09	38.50	9.50	24.00	7.00	32.00	15.0	991.8
17-feb-09	42.00	9.00	25.50	7.00	32.00	15.5	1007.3
18-feb-09	42.50	9.00	25.75	7.00	32.00	15.6	1022.8
19-feb-09	40.50	9.00	24.75	7.00	32.00	15.2	1038.0
20-feb-09	39.50	9.50	24.50	7.00	32.00	15.3	1053.3
21-feb-09	40.50	8.50	24.50	7.00	32.00	15.2	1068.4
22-feb-09	41.00	6.50	23.75	7.00	32.00	14.7	1083.2
23-feb-09	38.00	3.50	20.75	7.00	32.00	13.3	1096.4
24-feb-09	39.50	2.00	20.75	7.00	32.00	12.9	1109.4
25-feb-09	37.00	5.00	21.00	7.00	32.00	13.3	1122.7
26-feb-09	40.00	5.00	22.50	7.00	32.00	14.0	1136.7
27-feb-09	40.50	4.50	22.50	7.00	32.00	13.8	1150.5
28-feb-09	42.50	6.00	24.25	7.00	32.00	14.4	1164.9
01-mar-09	41.00	10.50	25.75	7.00	32.00	16.1	1181.1
02-mar-09	36.50	3.50	20.00	7.00	32.00	12.7	1193.8
03-mar-09	40.00	5.00	22.50	7.00	32.00	14.3	1208.1
PROMEDIO	39.24	6.50	22.87			14.24	