

**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA.  
FACULTAD DE AGRONOMÍA.  
INSTITUTO DE INVESTIGACIONES AGRONÓMICAS.**

**EFFECTO DE LA TEMPERATURA Y HORAS LUZ EN LOS  
DÍAS A LA COSECHA DEL FRUTO DE MORA (*Rubus* sp.)  
EN EL MUNICIPIO DE BARBERENA, SANTA ROSA.**



**EN EL GRADO ACADÉMICO DE  
LICENCIADO**

**Guatemala, Febrero de 1998.**

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA.

DR. JAFETH ERNESTO CABRERA FRANCO.

RECTOR.

JUNTA DIRECTIVA DE LA FACULTAD DE AGRONOMÍA.

DECANO:	Ing. Agr. JOSE ROLANDO LARA ALECIO.
VOCAL PRIMERO:	Ing. Agr. JUAN JOSE CASTILLO MONT.
VOCAL SEGUNDO:	Ing. Agr. WILLIAM ROBERTO ESCOBAR LOPEZ.
VOCAL TERCERO:	Ing. Agr. ALEJANDRO ARNOLDO HERNANDEZ FIGUEROA.
VOCAL CUARTO:	Br. ESTUARDO ENRIQUE LIRA PRERA.
VOCAL QUINTO:	P. Agr. EDGAR DANILO JUAREZ QUIM.
SECRETARIO:	Ing. Agr. GUILLERMO EDILBERTO MENDEZ BETETA.

Guatemala, Febrero de 1998.

Honorable Junta Directiva.  
Honorable Tribunal Examinador.  
Facultad de Agronomía.  
Universidad de San Carlos de Guatemala.

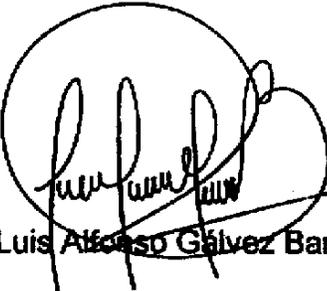
Distinguidos miembros:

De la manera más atenta y de acuerdo con las normas establecidas por la ley orgánica de la Universidad de San Carlos de Guatemala, tengo el honor de someter a vuestra consideración el trabajo de tesis titulado:

**EFFECTO DE LA TEMPERATURA Y HORAS LUZ EN LOS DÍAS A LA COSECHA DEL FRUTO DE MORA (Rubus sp.) EN EL MUNICIPIO DE BARBERENA, SANTA ROSA.**

Presentado como requisito previo a optar al título de Ingeniero Agrónomo en Sistemas de Producción Agrícola, en el grado de Licenciado.

En espera de su aprobación, quedo de ustedes deferentemente,



Luis Alfonso Gálvez Barrios.

## **ACTO QUE DEDICO**

**A:**

**DIOS:**

**Nuestro buen Padre.**

**MIS PADRES:**

**José Alfonso Gálvez y Graciela Barrios de Gálvez,  
quienes me han brindado su apoyo en todo momento,  
este triunfo es recompensa de sus esfuerzos.**

**MIS HERMANOS  
Y SOBRINOS:**

**Por su comprensión y apoyo en la culminación de  
esta tesis.**

## **AGRADECIMIENTOS A:**

### **MIS ASESORES DE TESIS:**

**Ing. Agr. Msc. Edgar Franco.  
Ing. Agr. Waldemar Nufio.**

**Por su valiosa colaboración para culminar exitosamente la presente investigación.**

### **MIS AMIGOS:**

**Sr. Leonel García y familia:**

**Por permitirme desarrollar el presente trabajo en su plantación y por toda la colaboración prestada durante este tiempo.**

# INDICE GENERAL

	<b>Página.</b>
1. Introducción.....	1
2. Definición del problema.....	3
3. Marco Teórico.....	4
3.1 Marco conceptual.....	4
3.1.1 Origen y distribución de la mora.....	4
3.1.2 Descripción Botánica.....	4
3.1.3 Importancia económica.....	5
3.1.4 Manejo agronómico.....	6
3.1.5 Efecto de factores climatológicos.....	9
3.1.5.1 Temperatura.....	10
3.1.5.2 Fotoperíodo.....	14
3.1.5.3 Fructificación.....	18
3.1.5.3.1 Formación del fruto.....	19
3.1.5.3.2 Crecimiento del fruto.....	20
3.1.5.3.3 Medida del crecimiento.....	20
3.1.5.3.4 Nutrición del fruto en desarrollo.....	22
3.1.5.3.5 Hormonas endógenas.....	22
3.1.5.3.6 Composición química.....	23
3.1.5.3.7 Maduración de frutos.....	25
3.2 Marco referencial.....	26
3.2.1 Características del área de estudio.....	26
3.2.2 Características de los suelos.....	26
3.2.3 Uso actual de la tierra.....	28
3.2.4 Variedades más importantes de mora.....	28
3.2.5 Manejo de la plantación.....	29
3.2.6 Análisis de regresión.....	29
3.2.7 Estudios realizados en mora y sobre crecimiento.....	30
4. Objetivos.....	32
5. Metodología.....	33
5.1 Descripción de la etapa fenológica estudiada.....	33
5.2 Diseño del estudio.....	33
5.3 Selección de flores y cosecha de frutos.....	35
5.3.1 Selección de flores.....	35
5.3.2 Toma de datos de crecimiento de frutos.....	36
5.4 Análisis de la información.....	36
5.4.1 Tabulación de datos climáticos.....	36
5.4.2 Análisis matemático.....	37
6. Resultados y discusión.....	39
6.1 Relación entre variables.....	39
6.1.1 Relación entre grados día y días a la cosecha.....	39
6.1.2 Relación entre grados día por fotoperíodo. y días a cosecha...	42
6.1.3 Relación entre temperaturas medias diarias y días a la cosecha.....	45

6.1.4 Relación entre temperaturas medias diarias por fotoperíodo y días a la cosecha.....	47
6.2 Análisis comparativo del crecimiento de frutos.....	49
6.2.1 Aumento en volumen.....	49
6.2.2 Aumento en longitud.....	51
6.2.3 Aumento en diámetro.....	53
6.2.4 Aumento en peso seco.....	55
6.2.5 Diagrama de crecimiento del fruto de mora.....	57
7. Conclusiones.....	59
8. Recomendaciones.....	60
9. Bibliografía.....	61
10. Anexo.....	64

## INDICE DE FIGURAS.

	<b>Página.</b>
Figura 1. Área del estudio.....	27
Figura 2. Ubicación de unidades de observación.....	34
Figura 3. Relación entre grados día y días a la cosecha (marzo a mayo)...	40
Figura 4. Relación entre grados día y días a la cosecha (octubre a dic)...	41
Figura 5. Relación entre grados día por fotoperíodo y días a la cosecha (marzo a mayo) .....	43
Figura 6. Relación entre grados día por fotoperíodo y días a la cosecha (octubre a diciembre) .....	44
Figura 7. Relación entre temperaturas medias diarias y días a la cosecha.	46
Figura 8. Relación entre temperaturas medias diarias por fotoperíodo y días a la cosecha. ....	48
Figura 9. Relación del aumento en volumen respecto al tiempo en las dos temporadas de cosecha estudiadas.....	50
Figura 10. Relación del aumento en longitud respecto al tiempo en las dos temporadas de cosecha estudiadas.....	52
Figura 11. Relación del aumento en diámetro respecto al tiempo en las dos temporadas de cosecha estudiadas.....	54
Figura 12. Relación del aumento en peso seco respecto al tiempo en las dos temporadas de cosecha estudiadas.....	56
Figura 13. Diagrama del crecimiento del fruto de mora variedad brazos.....	58

**INDICE DE CUADROS.**

	<b>Página.</b>
Cuadro 1. Clasificación taxonómica de la mora ( <u>Rubus</u> sp).....	5
Cuadro 2. Análisis bromatológico del fruto de mora.....	24
Cuadro 3. Modelos que mejor representan la relación entre grados día y días a la cosecha.....	39
Cuadro 4. Modelos que mejor representan la relación entre grados día por fotoperíodo y días la cosecha.....	42
Cuadro 5. Modelos que mejor representan la relación entre temperaturas medias diarias y días la cosecha.....	45
Cuadro 6. Modelos que mejor representan la relación entre temperaturas medias diarias por fotoperíodo y días la cosecha.....	47

## RESUMEN.

### EFFECTO DE LA TEMPERATURA Y HORAS LUZ EN LOS DIAS LA COSECHA DEL FRUTO DE MORA (Rubus sp.) EN EL MUNICIPIO DE BARBERENA, SANTA ROSA.

### EFFECTO OF TEMPERATURA AND LIGHT HOURS IN THE DAYS TO HARVESTING OF THE BLACKBERRY FRUIT (Rubus sp.) IN BARBERENA, SANTA ROSA.

El efecto de los factores climáticos sobre el crecimiento y el desarrollo de los vegetales es una de las ramas de la investigación agronómica, específicamente de la ecofisiología. La comprensión de la influencia de estos factores climáticos en el vegetal es útil si se pueden predecir las condiciones climáticas de una determinada región. Con esta información se puede sugerir la implementación de prácticas agronómicas que tiendan a eliminar el efecto negativo de dichos factores o aprovecharlos en los casos en que favorezcan al desarrollo de cultivos de importancia económica.

La temperatura es uno de los factores ambientales más importantes en la aceleración de procesos metabólicos y en su inducción. En la presente investigación se estudió la respuesta en tiempo de crecimiento y desarrollo del fruto de mora Rubus sp. sometido a condiciones diferentes de temperatura y fotoperíodo en condiciones de campo, para la región de Barberena, Santa Rosa.

Mediante la evaluación de diferentes modelos matemáticos, se pudo establecer que la relación entre el tiempo de desarrollo del fruto de mora y los factores climáticos temperatura y fotoperíodo, se representa por medio de un modelo de relación cuadrático.

Al comparar las épocas de cosecha estudiadas, octubre a diciembre y marzo a mayo respectivamente, se observa que bajo temperaturas altas, marzo a mayo, el período de desarrollo de frutos, desde apertura de flores hasta cosecha, disminuye en ocho días.

Paralelamente se realizó un análisis comparativo del crecimiento del fruto de mora en las variables longitud, diámetro, peso seco y volumen. En el mismo se llegó a la conclusión de que en las épocas de cosecha estudiadas, correspondientes a días con bajas y altas

temperaturas, octubre a diciembre y marzo a mayo respectivamente, el fruto de mora llega a similares magnitudes de crecimiento en diámetro, longitud y volumen. El mayor valor en peso seco se obtuvo durante los meses de más bajas temperaturas, octubre a diciembre, condición importante debido a que el fruto de la mora se comercializa por su peso.

## 1. INTRODUCCION.

En los últimos años ha existido una tendencia muy marcada en el aumento de la extensión de áreas dedicadas al cultivo de mora (Rubus sp). En la actualidad, según estimaciones del Proyecto para el Desarrollo de la Fruticultura y Agroindustria, PROFRUTA (17), existen 200 ha. cultivadas en toda la república, las cuales se encuentran concentradas principalmente en tres departamentos: Guatemala, Chimaltenango y Sacatepéquez, en donde se pueden encontrar plantaciones de un rango de edad desde los 0.5 a los 5 años.

A partir del año 1995, se ha observado la expansión hacia el departamento de Santa Rosa, en donde se ha obtenido una buena adaptación de la especie. En dicho departamento se tiende a una rápida expansión del cultivo de mora debido a las condiciones climáticas imperantes en el área, como temperaturas adecuadas para el cultivo y alto régimen de lluvias, además las temperaturas altas tienden a adelantar la cosecha.

Para optimizar el proceso productivo de este cultivo, así como de cualquier otro de importancia económica, se requiere de toda la información posible de los factores que afectan dicho proceso. De estos factores, se estudiaron dos de origen climatológico: la temperatura y el fotoperíodo, en la etapa fenológica de fructificación, por ser ésta la más importante desde el punto de vista económico.

En la presente investigación, se encontró la relación matemática que explica la interacción entre las variables climatológicas grados día, sumatoria de temperaturas medias diarias de una etapa fenológica y los días a la cosecha, siguiendo los principios desarrollados por De Candolle a finales del siglo pasado y Nuttonson en los años cuarenta, con los cuales estos fisiólogos pudieron medir el efecto de la temperatura y el fotoperíodo en diferentes especies mediante la generación de modelos matemáticos utilizando la variable de acumulación de calor, grado día. También se describe comparativamente el crecimiento de los frutos de mora en cinco períodos de observación de este proceso fisiológico, durante la cosecha comprendida entre octubre y diciembre de 1996 y la cosecha comprendida entre marzo y mayo de 1997. Estas observaciones sirvieron como base para determinar la manera en la cual crecen los frutos de

mora y a la vez determinar cómo altera a la velocidad de crecimiento las diferentes condiciones de temperatura que se registraron en la plantación.

Este estudio puede ser la base para desarrollar otros similares en diferentes regiones del país en las que también se cultiva la mora. Con la información complementaria de otros estudios, se puede generar un modelo matemático con fines de predicción que pueda ser de utilidad para los productores de esta baya.

## 2. DEFINICIÓN DEL PROBLEMA.

La mora (Rubus sp.) es un cultivo económicamente importante para Guatemala constituyéndose junto con otras bayas de exportación, en uno de los rubros más importantes de ingreso de divisas en la exportación de los denominados productos no tradicionales. (12).

El paquete tecnológico para el cultivo no se ha desarrollado adecuadamente para los diferentes lugares en los cuales se cultiva, esta situación se observa debido a la falta de investigación que sirva de base para el desarrollo de tecnología. El desarrollo de este cultivo en Guatemala, ha tenido que basarse en experiencias de otros países, sin que la tecnología utilizada en el manejo de la plantación se haya evaluado.

Dentro de la investigación necesaria para el desarrollo adecuado de un paquete tecnológico, el estudio del efecto de factores ambientales es muy importante debido a que la planta por ser un organismo vivo, responde a los cambios ambientales. La falta de información sobre el comportamiento del cultivo en respuesta a los factores ambientales, particularmente en el período de fructificación, es una limitante para inducir la fructificación y coincidir con la ventana de mercado.

### 3. MARCO TEÓRICO.

#### 3.1 MARCO CONCEPTUAL.

##### 3.1.1 ORIGEN Y DISTRIBUCIÓN DE LA MORA.

La mora (Rubus sp.) es originaria de Europa y América aunque algunas son nativas del altiplano de Centro y Sudamérica. El género Rubus es uno de los más amplios del reino vegetal, contiene un amplio grupo de especies silvestres además de las que han sido domesticadas. (12).

Focke publicó en 1910 y 1914 una monografía señalando 12 subgéneros; de estos uno contiene frambuesas, otro moras, dos contienen frutos del ártico y sólo uno ornamentales. Posteriormente se han recolectado nuevas especies que han complicado aún más la clasificación taxonómica, sin embargo, la clasificación de Focke es una de las más utilizadas (17).

##### 3.1.2 DESCRIPCIÓN BOTÁNICA.

La planta de mora es perenne y tiene raíces que viven por muchos años. Cañas nuevas son producidas durante todo el año, estas provienen de raíces subterráneas. El crecimiento vegetativo de las cañas ocurre durante el primer año. Las cañas del primer año (llamadas primocañas) crecen verticalmente o semi-erectas y pueden alcanzar una altura de dos metros o más (25). Estas cañas son ligeramente angulares, con cuatro a cinco aristas. Las hojas están compuestas por cinco folíolos. La inflorescencia es una panícula formada por flores rosadas. Son plantas que requieren de frío invernal (17).

El sistema radical es fasciculado superficial, las hojas trifoliadas y estipuladas (hojuela basal) y peciolo más o menos espinosos. Los folículos son oblongos, con bordes aserrados, de un verde brillante oscuro en su cara superior y blanquecinos en la cara inferior debido a la presencia de vellosidades. (25).

Las flores son pentámeras, blancas o rosadas, terminales o axilares, forman inflorescencia en racimos, panículas o solitarias. El cáliz es persistente; los estambres son numerosos y se presentan como corona en la base del hipanto. Las flores son autofértiles y se desarrollan en

las cañas de dos años. (17).

El fruto es una polidrupa que no se desprende del receptáculo, y todos son negros brillantes por carecer de vellosidades. Su maduración tarda de 40 a 60 días desde floración a cosecha, dependiendo del cultivar. El fruto pesa de 5 a 8 g, y algunas variedades alcanzan los 10 g por fruto como promedio. En el cuadro 1. se describe la clasificación taxonómica de la mora. (25).

Cuadro 1. Clasificación taxonómica de la mora (Rubus sp.).

<b>Reino :</b>	<i>Plantae.</i>
<b>Sub – Reino:</b>	Embryobionta.
<b>División:</b>	Magnoliophyta.
<b>Clase:</b>	Magnoliopsida.
<b>Sub – clase :</b>	Rosidae.
<b>Orden :</b>	Rosales.
<b>Familia :</b>	Rosaceae.
<b>Género :</b>	Rubus.
<b>Especie :</b>	Rubus sp.
<b>Variedad :</b>	Brazos.

Fuente: Guía para la producción de mora en Centro América. (17).

### 3.1.3 IMPORTANCIA ECONÓMICA.

La mora ( Rubus sp ), es uno de los cultivos no tradicionales que en los últimos años ha tomado mucha importancia debido a la aceptación que ha tenido en los mercados del exterior. Los precios en las ventanas de mercado han sido buenos, lo cual ha motivado su cultivo. Se reporta que los departamentos en los cuales se cultiva la mora son Guatemala, Sacatepéquez y Chimaltenango, cultivándose 200 ha (12).

El cultivo de este fruto se realiza actualmente con fines de exportación, sin embargo por lo delicado de la fruta, aproximadamente un 30% no califica, destinándose para la industria y mercado local, en donde su precio varía entre Q. 1.75 y Q. 2.75 por kilogramo. La ventana de

mercado para Guatemala comprende desde octubre hasta mayo. La comercialización se realiza por medio de empresas agroexportadoras. La calidad es el principal factor de importancia para exportación de fruta y consiste en fruta de color rojo-oscuro sin daño mecánico y debidamente empacado. El precio de exportación hacia los Estados Unidos de América varía de entre Q. 48.00 y Q. 90.00 por kilogramo durante la ventana de mercado. (16).

### **3.1.4 MANEJO AGRONÓMICO.**

#### **3.1.4.1 SIEMBRA.**

La propagación más común es la asexual, debido al bajo porcentaje de semillas fértiles por fruto, además por extenderse el período de germinación (17). En Guatemala la propagación utilizada es a través de esquejes de raíz, que se obtienen de la misma plantación, colocándose en bolsas de polietileno y a los 60 días son llevadas al terreno definitivo. Se debe tener en cuenta que el distanciamiento recomendable es de 2 metros entre surcos y 1.5 metros entre plantas (16).

#### **3.1.4.2 LABORES DEL CULTIVO.**

##### **a) TUTORADO:**

Su propósito es el sostener las cañas erectas dentro del surco, para facilitar la cosecha y evitar que se quiebren las cañas. En Guatemala el más utilizado es el de tipo de espaldera, que consiste en formar un soporte a lo largo de la hilera de la plantación, tendiéndose sobre éstos hilos de alambre, este sistema de tutoreo se utiliza de acuerdo al tipo de mora cultivado (25).

##### **b) PODA:**

###### **b.1) Poda de formación:**

Consiste en eliminar ramas, quebradas ó mal formadas; determinando cuántas se dejarán por planta.

**b.2) Poda de saneamiento:**

Es realizada en la parte inferior de la planta, a una altura de 25-30 cm. del suelo, evitando así la proliferación de enfermedades fungosas y además sirve para eliminar brotes y chupones.

**b.3) Poda de renovación:**

Consiste en cortar los extremos que ya produjeron para estimular el engrosamiento de ramas laterales y la formación de nuevas ramas productivas. (17).

**3.1.4.3 FERTILIZACIÓN.**

Para el mejor uso de los fertilizantes se debe hacer un análisis previo de los elementos disponibles en el suelo, y poder suministrarlos a la planta de acuerdo a las cantidades requeridas, para poder aplicar cantidades adecuadas de fósforo y potasio.

El Proyecto Para el Desarrollo de la Fruticultura y la Agroindustria (PROFRUTA), recomienda que para el primer año se realicen aplicaciones de fertilizante triple quince a los tres meses, dos aplicaciones de urea , por último aplicaciones de triple quince cada tres meses a razón de 84 g. por planta. Para el segundo año después de la poda deberán hacerse aplicaciones de fósforo, nitrógeno y potasio a través de varias aplicaciones a razón de 84 g. por planta (12).

**3.1.4.4 CONTROL DE MALEZAS.**

Es recomendable efectuar limpieas y plateo alrededor de las plantas para evitar que estas sirvan como hospederos de insectos vectores de virus, y evitar la competencia por agua y nutrientes. (17).

**3.1.4.5 ENFERMEDADES Y PLAGAS.****a) ENFERMEDADES.****a.1) Mildiu polvoriento (Sphaerotheca macularis Wall. y Fr.):**

Tiene su aparición en época lluviosa, cuando esta enfermedad ataca las ramas terminales inhibe el crecimiento de los brotes, si se encuentra en ramas florales, regularmente se pierde

el fruto. En Guatemala únicamente se ha detectado el estado amorfo del hongo, (Oidium sp.).

**a.2) Mancha de la Hoja y el Tallo (Septoria rubi):**

Se asocia con la caída de las hojas. Cuando no se controla las cañas pueden llegar a quedar sin hojas, y pueden aparecer en cualquier época.

**a.3) Pudrición del fruto (Botritis cinerea):**

Con esta enfermedad el fruto se torna de color gris, presentando quemaduras en algunas zonas de las ramas y hojas. El principal daño lo causa a los frutos el cual afecta su calidad.

Las infecciones causadas por Botritis son las más significativas, ya que pueden afectar tanto al follaje y a las cañas así como inflorescencia y frutos (17).

**b) PLAGAS:**

**b.1) Barrenador del tallo (Epialus sp).**

Ataca en la base de la planta y barrena el tallo, provocando en este nudosidades y resquebrajamientos en la corteza así como clorosis de hojas y caída de flores.

**b.2) Gusano del fruto:**

En el receptáculo de la mora se ha observado el ataque de algunos lepidópteros provocando mal aspecto en el fruto lo que impide su exportación.

**b.3) Araña Roja (Tetranychus sp):**

Como la mayoría de los ácaros, ataca en época seca y su aparición coincide con la época de producción, dañan las hojas y provocan una decoloración en los frutos y hojas.(12).

**3.1.4.8 COSECHA.**

La cosecha es una de las actividades de mayor riesgo debido a las exigencias de los productos de exportación. Estas exigencias se limitan a la calidad de las mismas por lo que se deben observar condiciones como la calidad de la polidrupa en tamaño, peso, diámetro, color, y perfección en la formación. (16).

Para poder cumplir con estas exigencias, se debe cosechar dentro de las primeras horas del día, no sobreponer los frutos pues estos pueden dañarse, pesarlos exactamente y descartar todos aquellos que no estén bien formados o que tengan algún signo de ataque de

enfermedades o plagas. (17).

### **3.1.5 EFECTO DE FACTORES CLIMÁTICOS SOBRE LA FISIOLÓGÍA LA PLANTA.**

Los factores climáticos tienen incidencia directa en los procesos de crecimiento y desarrollo de las plantas debido a que afectan directamente al metabolismo de las mismas. El crecimiento es definido por Garcidueñas (7), como el aumento en la masa de la planta y por tanto un fenómeno cuantitativo susceptible de medirse expresándose como aumento de la longitud o del diámetro del vegetal, aumento en peso y volumen. Por otro lado Barceló (1) define al crecimiento como una manifestación en aumento irreversible de la masa de un organismo vivo, órgano o célula. El aumento de la masa debe ser permanente, con lo que eliminamos de esta definición la variación de volumen debida a fenómenos osmóticos. Entre los parámetros posibles para la medición del crecimiento, el más significativo es el peso seco, ya que el agua es eliminada al realizar las medidas y la presencia de la misma muchas veces le resta validez a los resultados. El crecimiento según Salisbury (20) significa un aumento de tamaño. Estos conceptos de crecimiento se caracterizan en que definen al mismo como un aumento en las características cuantitativas de un vegetal.

El crecimiento puede medirse en todas las etapas fenológicas de la planta, la fructificación, puede medirse en crecimiento a través de varios parámetros, tales como: diámetro, volumen, longitud y peso seco (1).

Según Garcidueñas (7), el desarrollo se refiere a cambios cualitativos debidos al metabolismo de las plantas expresados mediante diferentes estados fisiológicos que demuestran el nivel de desarrollo de una planta con respecto al tiempo.

Durante el estado vegetativo, la planta responde al estímulo de los factores del medio de manera particularmente diferente a como responde en otros estados. En muchas especies las horas de frío y las horas de luz son decisivas para determinar el paso al siguiente estado fásico del desarrollo, el estado reproductor, es decir, para iniciar la floración. Conforme a los conceptos de desarrollo de Lysenko citado por Garcidueñas (7), no es esencial que la planta presente crecimiento para que sus células sufran diferenciación, pero en cambio sí es preciso que reciba el estímulo de los factores del medio para que ocurran los cambios cualitativos citológicos que le permiten pasar a la floración. Sin embargo, para que la planta responda a los

agentes físicos del medio, es necesario que el estímulo físico (calor, luz, frío) se convierta en estímulo químico. En el caso de la floración del vegetal, esta debe regirse por hormonas con lo cual la relación ecológica queda transformada en interrelación fisiológica. (6).

Los distintos factores ambientales ejercen efecto sobre los procesos fisiológicos de las plantas y esto a su vez genera una relación directa entre estos y el rendimiento de los cultivos (20).

Dentro de los factores climáticos, la temperatura y el fotoperíodo, ejercen mayor influencia en los distintos procesos fisiológicos de las plantas y son de particular importancia en el período de fructificación. (14).

### 3.1.5.1 TEMPERATURA.

La temperatura tiene, así como la luz, diversos efectos en la fisiología del vegetal. En general tiene un efecto sobre el metabolismo puesto que, con excepción de unas pocas actividades fisiológicas, este descansa en reacciones termoquímicas (1).

El crecimiento vegetal es sensible a la temperatura. A menudo un cambio de pocos grados da un cambio significativo en la tasa de crecimiento. Cada especie posee una temperatura mínima debajo de la cual no crece, una temperatura máxima por encima de la cual no crecerá y una temperatura óptima o rango de temperaturas en las que crece a una tasa máxima (20).

En estudios realizados, se demuestra que los valores óptimos de desarrollo en muchas especies vegetales se encuentran entre 20 y 30 grados centígrados (18). Es importante señalar que cada tejido dentro de una misma planta puede llegar a tener distintas temperaturas cardinales. Además la temperatura influye en las distintas etapas fenológicas de los cultivos, ya sea activándolas o suspendiéndolas; como ejemplo de esto vemos los regímenes específicos de temperaturas necesarias para el inicio de la germinación de la semilla, la iniciación de la floración y la inducción o la interrupción de la latencia en plantas perennes (24).

Los límites de temperatura entre los cuales puede realizarse la fotosíntesis son muy amplios, desde los líquenes antárticos que pueden fotosintetizar a  $-18^{\circ}\text{C}$ , con un valor óptimo a  $0^{\circ}\text{C}$ , hasta bacterias que pueden realizar la fotosíntesis a  $70^{\circ}\text{C}$ . En plantas superiores se alcanzan óptimos que pueden oscilar entre  $25$  y  $35^{\circ}\text{C}$ . (20).

En general, las especies que crecen en climas cálidos soportan mejor las temperaturas altas

que las que crecen en climas templados o fríos, siendo la temperatura óptima del orden de la temperatura media diaria a la cual crece la planta normalmente. (1).

La temperatura afecta principalmente las reacciones bioquímicas que llevan a la reducción del CO<sub>2</sub> con lo que, al aumentar la temperatura, normalmente aumenta la tasa de fotosíntesis hasta el cierre de los estomas o la desnaturalización de las proteínas (inactivación de enzimas). Sin embargo al aumentar la temperatura aumenta la respiración y es aún mayor la influencia sobre la fotorespiración. (1).

Un concepto muy importante a considerar dentro del estudio de los efectos de la temperatura, es el termoperíodo, que se refiere a la variación anual, diaria y periódica de la temperatura del aire y su efecto en el desarrollo de los vegetales. (22).

La reacción de las plantas al termoperíodo se denomina termoperiodismo. Además del estudio de estas variaciones, se debe atender a la constante térmica, que se refiere al número de grados centígrados que necesita determinada planta para llegar desde la germinación hasta la maduración. Esta nos ayuda a calcular cualquier subperíodo como el de la fructificación. (14).

Como una respuesta generalizada de las plantas, al aumentar las temperaturas activas o efectivas, las fases comienzan rápidamente y cuando hay temperaturas bajas, la aparición de las fases se retarda (20). Aunque las diferentes especies reaccionan de manera diferente ante el ritmo de aumento de las temperaturas.

El aumento de la actividad fisiológica de la planta por incremento en la temperatura hasta antes de un punto crítico, guarda una relación en velocidad de 1:10, según Van Goff, la velocidad de la reacción química (como respuesta fisiológica) se duplica cada vez que la temperatura aumenta 10 ° C (26). En cuanto al termoperíodo, se destaca en un estudio que al mantener plantas bajo condiciones constantes de 17 grados centígrados el crecimiento fue mucho menor que plantas de la misma especie mantenidas en condiciones de termoperíodo variable. (20).

La fluctuación de la temperatura es importante en el desarrollo y producción de los cultivos, como se demostró en un estudio realizado por Highkin (1958), en el que con guisantes obtuvo un 20% de disminución de la producción al condicionar las plantas a una temperatura constante de 10 grados centígrados (18).

Went (1945) unificó en un estudio la intensidad y duración de la luz así como la temperatura

sobre el crecimiento del tomate (Lycopersicum esculentum). Estos estudios permitieron afirmar que el efecto de estos factores es directo sobre el desarrollo general de las plantas y por consiguiente de los niveles de producción. (20).

Uno de los efectos colaterales de las bajas temperaturas sobre los vegetales, es el incrementar el contenido de azúcar debido a la estimulación de su traslocación, sin embargo en los mismos experimentos se determinó que cuando la temperatura descendía de los 15 grados centígrados se inhibía el crecimiento de la raíz (8).

En estudios realizados por Golomazova (9), se determinaron las temperaturas que correspondían a la tasa óptima de actividad fotosintética para diferentes especies de coníferas. Para cada especie en particular, se encontraron diferentes temperaturas, pero la tendencia de todas ellas fue de acelerar la tasa fotosintética en relación directa con el aumento de la temperatura hasta llegar a un punto crítico en el cual comenzaba a declinar la misma; este punto para las condiciones de Siberia fue de 23 grados centígrados.

Estudios fisiológicos han demostrado que el efecto de las temperaturas sobre el desarrollo y crecimiento expresados como tasa de respiración o de fotosíntesis, se debe en gran medida a la activación o desactivación de procesos enzimáticos que catalizan algunas de las reacciones que a nivel molecular se dan dentro de las células de las plantas (8).

Otra causa observada es el aumento en la cantidad de fitohormonas producidas por la planta que ha sido expuesta a diferentes períodos continuos de temperaturas constantes, por ejemplo se determinó que durante la exposición a bajas temperaturas, aumentan las giberelinas naturales en varias especies que requieren frío por lo que las giberelinas podrían estar asociadas con la vernalización (20).

El conocimiento del régimen de temperaturas de un lugar puede ser obtenido en forma más o menos satisfactoria con los datos de temperaturas medias mensuales, que sí suelen proporcionar una idea precisa de la situación térmica a lo largo del año. Los diferentes tipos frutales poseen requerimientos especiales en sus distintos estados fenológicos presentes en el año. (1).

Las necesidades de calor para la floración pueden ser expresadas de diversas maneras. Algunos científicos se inclinan por el uso del término "hora calor", considerándose como tal al lapso de una hora cuya temperatura sea de 10° C ó superior para especies de hoja caduca, empezándose a cuantificar desde el momento en que las necesidades de frío invernal han sido

satisfechas. (7).

Cooper, en 1953, dio a conocer que el durazno, en la mayoría de sus variedades, requiere 450 horas calor para llegar a la floración. Para el almendro se requiere 150 horas calor. La tasa de crecimiento de muchas plantas responde proporcionalmente a la temperatura del ambiente y ha sido ésta utilizada con fines de predicción del tiempo de cosecha de diferentes cultivos. (14).

Se desarrolló un método de observación que toma en cuenta la acumulación o suma del calor arriba de una determinada temperatura, creándose las llamadas unidades de calor o grados día. La temperatura arriba de la cual se parte para especies de clima templado, como la mora (Rubus sp ), es de 5 grados centígrados. (14).

Las unidades de calor fueron inicialmente propuestas por Candolle en 1855 y han sido modificadas extensivamente desde ese tiempo. Las mismas son la base del método desarrollado por este investigador que se basa en la sumatoria de las temperaturas medias diarias para poder estimar el crecimiento de los cultivos con precisión. Este tipo de unidad de calor "grados día", disminuye el porcentaje de error en los cálculos. Sin embargo Nuttonson (1948) hizo un refinamiento adicional al método de Candolle en donde los grados-día son multiplicados por el número de horas de luz del día. Los efectos acumulativos de la temperatura y de la duración del día son tomados en cuenta en este segundo método. El sistema de Unidades de Calor, está basado en asumir que el crecimiento es proporcional a la temperatura; esto es cierto en un rango de temperaturas limitado y bajo similares condiciones de otras variables ecológicas. El sistema de Unidades de Calor es más efectivo para especies en las que el desarrollo no está controlado por el fotoperíodo. (14).

La temperatura del suelo es también un factor de alta incidencia sobre el desarrollo y crecimiento de las plantas. En las primeras etapas de desarrollo del vegetal influye en la germinación de las semillas, luego sobre el desarrollo del sistema radical, sobre la actividad de la microflora del suelo, así como de microorganismos simbióticos con las plantas, en la absorción de sustancias nutritivas del suelo y respecto al agua de la humedad del suelo disponible para las plantas. (26).

### 3.1.5.2 FOTOPERÍODO.

La palabra fotoperíodo procede del griego foto, "luz" y período, "duración del tiempo", y en fisiología vegetal se refiere a la regulación de distintos procesos del desarrollo de la planta por la duración relativa del día y las noches. Entre las respuestas de las plantas reguladas por el fotoperíodo están: la floración, formación de tubérculos, actividad del cámbium, abscisión de las hojas, tipo de ramificación, succulencia de las plantas, biosíntesis de antocianinas, esencias y otras. (1).

El fotoperíodo también se puede explicar como el tiempo de exposición de las plantas a la luz. La luz solar o artificial, tiene un efecto directo sobre los procesos de fotosíntesis de las plantas, y de ahí la importancia de determinar el período

adecuado para las especies de interés económico y de estudiar las respuestas de las plantas a dicho factor. Se sabe que a mayor radiación, aumenta la tasa de crecimiento, pero dicha tasa de crecimiento puede verse disminuida si el índice de área foliar es muy bajo. (20).

Debido a esta condicionante, es importante tomar algunas consideraciones con respecto a la cantidad de radiación que reciben los cultivos, por ejemplo se afirma que la dirección de los surcos de una plantación Norte - Sur siempre tendrá mayor radiación que la dirección Este - Oeste (23).

La utilización por las plantas de la energía solar se realiza por el proceso de fotosíntesis en el que se absorbe la radiación fotosintéticamente activa y se transforma en energía química (26).

La iluminación continua afecta a la fotosíntesis, tras varios días, a una intensidad por encima del punto de saturación; sin embargo, a intensidades por debajo del punto de saturación no hay daño aparente. (7).

Existen evidencias para indicar que la influencia de la luz continua depende de la calidad de la luz suplementaria que suele contener radiaciones Ultra Violeta. Si se eliminan estas radiaciones, el crecimiento es normal; lo que se desconoce es la razón metabólica para que estas longitudes de onda actúen como inhibidores, ya que un período oscuro aumenta este efecto perjudicial de la luz. (1).

Dentro de las respuestas más sorprendentes de las plantas a el fotoperíodo se encuentra la elongación del tallo reportada por Garner y Allard (1923) (20). Además de responder las

plantas a la temperatura, también lo hacen a la oscilación de la duración de la luz, ya sea induciendo etapas fenológicas o retrasándolas. Es casi una generalización que los días largos dan origen a la floración la cual puede terminar con la elongación del tallo. Además éstos también inducen la expansión de hojas y la densidad estomática, así como disminuyen la succulencia de la hoja, los ácidos orgánicos y la clorofila. (20).

En estudios realizados sobre el crecimiento y desarrollo de zanahorias y remolachas, se observó que, expuestas a un fotoperíodo permanente (totalidad de horas del día con luz), incrementaban la acumulación de biomasa, así como la acumulación y traslocación de nutrientes minerales, principalmente el potasio. (7). Además como un efecto de la exposición al fotoperíodo permanente, se observó el incremento de actividades metabólicas en remolacha (*Beta vulgaris*) y zanahoria (*Daucus carota*) como el coeficiente de transpiración.

Otro aspecto importante de respuesta a la luz perenne fue el incremento de la acumulación de azúcares, respuesta mayormente observada en el cultivo de remolacha que en el de zanahoria. (21).

Bajo condiciones latitudinales específicas, el fotoperíodo y la duración de los días tienen relevancia en la inducción o rompimiento del letargo, germinación de semillas (debido al fotoperíodo recibido por la planta madre), elongación del tallo, inducción a la floración y fructificación. Además el cambio de ciclo de días cortos a largos y largos a cortos determinado por la Latitud regional, es el responsable directo de los efectos sobre las plantas y es a esos ciclos a los que hay que prestarles mayor importancia. Con base en ello, se han clasificado algunas especies de importancia económica como de días cortos o plantas de días largos; refiriéndose con ello a las condiciones de fotoperíodo con las que dichas plantas expresan todas sus fases fenológicas. Las plantas de día corto (PDC) son aquellas cuyo período crítico requiere no rebasar un máximo de número de horas de iluminación por día. Las plantas de día largo (PDL) son las que requieren un fotoperíodo crítico de luz por encima de un mínimo de horas luz y las plantas de día neutro (PDN) son indiferentes a la duración del fotoperíodo para la inducción de la floración. (1).

Garcidueñas (7), hace una generalización sobre la definición de las plantas que requieren de días largos para comenzar el proceso de floración, como aquellas que necesitan 12 horas al día como mínimo de recepción de luz continua; las plantas de días cortos como aquellas que necesitan de 15 horas al día como máximo.

Dentro de las plantas de día corto podemos mencionar al Maíz (Zea mays), el tabaco (Nicotina tabacum), la fresa (Fragaria vesca), la caña de azúcar (Sacharum officinarum) y otras. Dentro de las plantas de días largos se mencionan: la avena (Avena sativa), el trigo (Triticum sativum), cebolla (Allium cepa), rábano (Raphanus sativus), la remolacha (Beta vulgaris), lechuga (Lactuca sativa), el camote (Manihot sp), el cadillo (Xanthium), la zanahoria (Daucus carota) y la espinaca entre otras. Ejemplo de las plantas de día neutro o intermedio son el tomate (Lycopersicum esculentum), el frijol (Phaseolus vulgaris), el algodón (Gossypium hirsutum), algunas variedades de papa (Solanum tuberosum), (20)(7) (1).

Es de importancia clasificar a las plantas según su respuesta al fotoperíodo largo o días largos como aquellas que florecen en respuesta a los días que son más largos que una longitud crítica, y a las plantas de día corto como aquellas que florecen cuando la longitud del día es menor a un máximo. Existe también la posibilidad de encontrar especies indiferentes en algún grado a la duración del día, por lo que se ha hecho la clasificación de las especies de Día Intermedio que son aquellas que florecen cuando los días son ni muy cortos ni muy largos. También existen las plantas de Día Neutro, que son las que menos responden a la duración del día florecen al mismo tiempo bajo cualquier duración. Por último las plantas Ambio fotoperiódicas, que son aquellas inhibidas por duraciones del día intermedias. (20).

Dentro de la diversidad ecológica, se encuentran diferentes tipos de reacciones de las plantas a la duración de la luz, así como diferentes condiciones de duración para las respuestas de las mismas. Esto nos hace pensar que en la clasificación anteriormente descrita no abarca totalmente a las especies conocidas en cuanto a sus reacciones a la luz y por tanto se debe estudiar las reacciones de las especies de interés económico para el hombre. (7).

Las plantas de tomate presentan algunas interesantes interacciones en el ritmo del fotoperíodo. Aunque los días cortos estimulan un poco la floración, las plantas florecen en general a lo largo de un rango amplio de longitudes del día. Pero la altura del tallo sí es afectada por la longitud del día; las plantas conservadas en días de 16 horas tienen tallos cuya longitud es casi el doble de las conservadas en días de 8 horas. Además numerosas variedades de tomate mueren cuando son expuestos a días de más de 18 horas de luz en un ciclo de 24 horas. (20).

Un efecto directo de deficiencias lumínicas, se da en cultivos muy densos, en donde los tallos se hallan en condiciones de luz insuficiente y como consecuencia de ello sus tejidos se

desarrollan débilmente y se retarda el endurecimiento de las paredes celulares, lo que contribuye al acame de las plantas. Por lo mismo para obtener una buena cosecha, es necesario que la superficie foliar supere en 4 a 5 veces el área ocupada por el cultivo. (26).

En investigaciones realizadas sobre el efecto de la intensidad de la luz sobre la tasa fotosintética de especies de coníferas, Golomazova (9), determinó que para las condiciones de Siberia, diferentes especies de coníferas muestran una tendencia a elevar la tasa fotosintética en la medida en que aumenta la iluminación hasta un punto crítico a partir del cual disminuye al aumentar la intensidad de la luz. Para las especies que se estudiaron se estimó en  $40 \times 10^3$  lx.

Según Gil (8), los diferentes grados de intercepción de la luz solar tienen una influencia en el desarrollo de la altura total, la longitud de la raíz principal, el número de raíces secundarias y el peso seco aéreo y total de la planta, como se demostró en un estudio sobre la influencia de la intercepción de la luz solar en el desarrollo de plántulas de Pinus moctezuma en almácigo. La mayor altura total de las plantas se registró en la intercepción de luz solar de 92%, con un promedio de altura 5.86 cm, y la menor, en el tratamiento con 0% de intercepción, con 4.36 cm de altura; la longitud del hipocótilo mostró la misma tendencia al presentar mayor desarrollo conforme se aumenta el grado de intercepción de la luz solar. Adicionalmente, se observó que en la intercepción extrema de la luz solar (92%), existió mortalidad, después de iniciada la germinación, causada por un hongo del género Pythium, debido probablemente a la alta humedad del sustrato. Con esta misma intercepción solar, se observó que el desarrollo radicular fue inapreciable así como existió una relación inversa entre el grado de intercepción con el desarrollo de la longitud y el de las raíces secundarias.

Se observó que los mejores desarrollos radiculares se presentaron en rangos de intercepción que van del 0 al 70% y se muestra una mejor relación parte aérea - parte radicular de las plántulas. Los mayores valores de peso seco, tanto aéreo como radicular, se presentaron entre los 40 y 70% de intercepción, indicando que cierto grado de sombreado, sin llegar a valores extremos, favorece la producción de biomasa. Como conclusión de este estudio se tuvo que, el mejor balance para el crecimiento tanto aéreo como radicular, y la producción total de biomasa, se obtiene entre 40 y 70 % de intercepción de la luz solar. El estímulo físico de "horas luz", o más estrictamente, horas de oscuridad, debe traducirse en algún estímulo químico para que se determinen los cambios de uno a otro estado fásico. (7).

Esto se ha corroborado porque en investigaciones se ha demostrado la transportación del estímulo fotoperiódico. No se sabe en qué hormona u hormonas se traduce dicho estímulo, aunque se ha propuesto una hormona *sui generis*, el *florigén*, que como sabemos, nunca ha podido ser aislada. Se sabe que las giberelinas juegan un importante papel en el fenómeno de la floración, pero al parecer más bien estimulan el desarrollo del tallo floral, necesario para que la planta floree, pero no el desarrollo del botón floral; otra teoría propone que la giberelina podría ser la precursora del florigén. (1).

La reacción de las plantas al termoperíodo o al fotoperíodo tiene muchas implicaciones en la tecnología agrícola y agrobiológica. Aunque el termoperíodo y el fotoperíodo son factores climáticos fijos para una localidad dada, hasta cierto punto es posible alterarlos en el campo variando la fecha de siembra o bien por otros medios. Además, los factores topográficos pueden cambiar el clima; por ejemplo un valle rodeado de montañas altas tendrá un régimen de días cortos; una vertiente orientada al Norte puede tener más horas de frío que otra orientada al Sur. Por lo tanto, la consideración del fotoperíodo y el termoperíodo es de gran importancia no sólo para el ecólogo o técnico en recursos naturales, sino también para el agrónomo o el agricultor. (7).

El fotoperíodo junto con la temperatura, constituyen los dos factores climáticos de mayor importancia, en el desarrollo fenológico de los cultivos, la interacción de ambos en estudios realizados respecto al crecimiento de las plantas, ha dado como resultado la obtención de relaciones matemáticas que, aplicadas a las mismas condiciones ambientales hace posible la estimación de ya sea períodos de crecimiento vegetativo, floración o fructificación. (26).

### 3.1.5.3 FRUCTIFICACIÓN.

Una vez que ocurre la fecundación empieza el desarrollo del fruto, que incluye dos factores: crecimiento y maduración. La fecundación desencadena una serie de cambios en la fisiología del vegetal. Muchos de ellos resultan por una reacción del pistilo a la presencia del polen, pero otros se deben directamente a éste, ya que la polinización no significa meramente la adición de un genomio haploide sino que el polen lleva en su protoplasma hormonas no conocidas y conocidas (auxina). El polen es una rica fuente de auxinas y esta hormona es la responsable directamente del prendimiento de la flor fecundada, por otra parte, el ovario es

también una fuente de auxina. La giberelina, asimismo toma parte en el prendimiento de la flor y el fruto y se ha usado al igual que la auxina, para estimular este proceso artificialmente. (7).

### 3.1.5.3.1 FORMACIÓN DEL FRUTO.

Existen diferentes fases y estados de desarrollo que anteceden la formación y crecimiento de un fruto, a continuación se resume el proceso de desarrollo desde la floración. La formación de los tejidos del ovario se inicia tardíamente durante el proceso de la morfogénesis floral. En especies monoicas, particularmente en las cucurbitáceas, el desarrollo de los tejidos del ovario está profundamente influenciado por la temperatura y horas de iluminación. En general, días largos y temperaturas elevadas reprimen, mientras que días cortos y temperaturas bajas favorecen el desarrollo de flores con ovarios, como se ha demostrado en Cucurbita pepo y Cucumis sativus. Las influencias hormonales en este sistema son muy considerables. (1).

Barceló (1), indica que el estímulo positivo para la reanudación del crecimiento es generado usualmente por el polen durante su germinación, durante el crecimiento del tubo polínico y finalmente por la fusión de uno de los núcleos masculinos con la célula huevo y con los otros dos núcleos polares. Auxinas y giberelinas parecen ser los dos tipos de sustancias de crecimiento mediante las cuales ejerce el polen su efecto estimulador del crecimiento del ovario. Después de la polinización, el control del desarrollo del fruto es asumido por las semillas en desarrollo. Se puede evidenciar lo anterior experimentalmente observándose las siguientes tendencias:

- Si alguna de las semillas jóvenes no se desarrolla, esto da lugar a frutos con anomalías en su tamaño y forma final, desarrollándose normalmente sólo las partes en proximidad a las semillas viables, quedando con un desarrollo muy retardado las zonas próximas a las semillas no viables.
- El peso final de un fruto es normalmente proporcional al número de semillas viables.
- Las semillas en desarrollo contienen una cantidad mucho mayor de sustancias de crecimiento que los tejidos del fruto que las rodean. (1).
- Otra de las maneras de formación del fruto es la partenocarpia, Nitsch citado por Barceló (1), indica que la partenocarpia es el desarrollo de un fruto sin fertilización de los óvulos. Este

tipo de partenocarpia se puede considerar como vegetativa para distinguirla de otro tipo de partenocarpia denominada estimulativa, en la cual el estímulo partenocárpico puede inducirse polinizando flores con polen de otras especies totalmente distintas a la que queremos inducir a formar frutos partenocárpicos. En adición a este determinismo genético, también los factores ambientales y las hormonas pueden ser responsables de la inducción del comportamiento partenocárpico. Así, se ha observado que después de una helada puede inducirse la partenocarpia en peras; las bajas temperaturas también pueden inducir la formación de berenjenas partenocárpicas, al igual que en calabaza y tomate. Se tienen evidencias que las auxinas así como las giberelinas y el ácido abscísico pueden inducir la partenocarpia en diferentes especies. (1).

#### **3.1.5.3.2 CRECIMIENTO DEL FRUTO.**

El crecimiento del fruto implica el desarrollo coordinado de un gran número de tejidos. El intervalo de tiempo que va desde la antesis a la madurez, varía en diferentes especies desde 3 semanas en fresa, hasta 60 semanas en naranja, oscilando en la mayoría de los frutos alrededor de 15 semanas. Durante este intervalo de tiempo el volumen y peso del fruto aumenta varios miles de veces. El volumen celular representa la mayor contribución a la expansión total del fruto. (7).

Simultáneamente al crecimiento, el fruto sufre cambios cualitativos que lo llevan a la madurez. El proceso incluye muchos cambios químicos, característicamente el cambio de materiales pépticos que cementan las paredes celulares y la hidrólisis de los almidones. (1).

#### **3.1.5.3.3 MEDIDA DEL CRECIMIENTO.**

Dos tipos generales de crecimiento pueden ser reconocidos en el crecimiento de frutos que comienzan a manifestarse desde el alargamiento de los tejidos del ovario estimulados usualmente por la polinización y el desarrollo del embrión y el endosperma. Las diferentes curvas de crecimiento que se observan en los frutos no dependen de características morfológicas ya que pueden existir distintas formas de fruto con los mismos patrones de crecimiento. (14).

Los frutos como la manzana o pera, dátil, piña tropical, plátano, fresa, naranja y melón presentan una curva de crecimiento ligeramente sigmoide. Según Garcidueñas (7), la mayoría de las plantas anuales presenta este tipo de crecimiento. En el crecimiento de las plantas que responden a una curva sigmoide, se observan 3 fases principales: una logarítmica, una lineal y una de senescencia. En la fase logarítmica, el tamaño aumenta en forma exponencial, en la fase lineal el aumento de tamaño continúa a una velocidad constante y usualmente máxima y en la fase de senescencia la velocidad de crecimiento decrece a medida que el fruto alcanza su madurez y comienza a envejecer. (20).

Los frutos de hueso tales como, melocotón, albaricoque, cereza o ciruela no presentan una curva de crecimiento sigmoide; en su lugar aparecen dos fases de crecimiento activo, separadas por un período en el que apenas si tiene lugar algún crecimiento. Las tres fases se designan como períodos I, II y III. En el período I se observa un crecimiento rápido en el pericarpio y un aumento en el peso y el tamaño de la semilla. En el pericarpio hay un período de división celular seguida por un rápido alargamiento celular. En este período el endocarpo y la semilla alcanzan casi su tamaño definitivo. En el período II, caracterizado porque la intensidad de crecimiento disminuye bruscamente, hay un rápido endurecimiento del endocarpo; la disminución en la intensidad del crecimiento se debe fundamentalmente a un retardo en el crecimiento del mesocarpo, el embrión se desarrolla rápidamente y puede alcanzar su máximo tamaño durante este período. En el período III se produce un hinchamiento final en el que el crecimiento tanto en tamaño como en peso se reanuda y alcanza una intensidad similar a la del período I. La maduración del fruto tiene lugar hacia el final de este período. Algunos otros frutos como higos, uva, frambuesa y aceituna presentan una curva de crecimiento similar a la de los frutos de hueso donde se distinguen estas tres fases. (1).

En casos en los que el crecimiento de un fruto es representado por una curva sigmoide, el desarrollo de la semilla que el mismo fruto contiene, crece en forma de una curva doble sigmoide. Se reporta que en el fruto de la mora (Rubus sp), este desarrollo seminal se ha completado al mismo tiempo que la polinización (14).

### **3.1.5.3.4 NUTRICIÓN DEL FRUTO EN DESARROLLO.**

Los frutos en desarrollo reciben parte de sus nutrientes a través del xilema y parte a través del floema. Tales nutrientes pueden proceder directamente del exterior, es decir los nutrientes minerales a través del xilema o los carbohidratos solubles a través del floema, pero también hay otros nutrientes que llegan al fruto de manera indirecta, como en el caso de algunos nutrientes minerales que, transportados por el xilema, son destinados a las hojas y desde aquí retransportados al fruto en desarrollo, que presentará una gran demanda de estos elementos, a través del floema. (20).

El transporte de carbohidratos entre hoja y fruto tiene lugar por el floema y el principal carbohidrato transportado por el floema es la sacarosa, este azúcar es sintetizado en las hojas. (1). Por otro lado, los ácidos orgánicos son sintetizados también en las hojas y transportados a los frutos.

Garcidueñas (7), indica que el buen desarrollo del fruto así como el prendimiento del mismo no dependen solamente del contenido hormonal de la planta, sino también del estado nutricional; existe evidencia de que en muchas especies el número de flores excede a la potencialidad nutritiva, con lo que se desarrolla una competencia interna por alimento, que puede hacerse más severa si a ella se une la competencia por agua.

### **4.1.5.3.5 CONTENIDO ENDOGENO DE HORMONAS DURANTE EL DESARROLLO DEL FRUTO.**

La idea de que el desarrollo vegetal es influido por sustancias químicas especiales de las plantas no es nueva. Hace unos 100 años, el famoso botánico alemán Julius von Sachs sugirió que en las plantas se presentan sustancias específicas para la formación de órganos. Supuso que una sustancia hacía que el tallo creciera y otras hacían lo mismo con hojas, raíz, flor o fruto (20).

Los frutos en estado de desarrollo constituyen la fuente más rica de sustancias de crecimiento de los vegetales. Citoquininas han sido detectadas e identificadas en algunos frutos, tales como zeatina en ciruela, manzana o algodón, o en el endospermo líquido de coco. En algunos casos se ha encontrado correlación entre concentración endógena de citoquininas e intensidad de división celular, tal y como ocurre en el mesocarpo de aguacate o en frutos de

manzana, ciruela o algodón. Antecedentes de la presencia hormonal en el desarrollo del fruto se han reportado en hechos como la presencia de citoquininas en el fluido xilemático y la relación de las giberelinas y la intensidad de crecimiento de las semillas. (1).

Se ha descubierto que la fuente más rica de actividad giberelínica en los frutos es el endospermo. En un gran número de frutos aparece un pico de actividad auxínica cuando el endospermo se hace celular y el cigoto comienza su crecimiento. (7).

La fuente más rica de actividad auxínica en los frutos son las semillas, y dentro de la semilla es el endospermo. Hasta la fecha se han aislado dos inhibidores que pueden estar implicados en el crecimiento de los frutos y que han sido identificados como ácido abscísico y 1 - acetoxi - 2-4- dihidroxi-n-heptadeca-16-ene (ADH). En manzana, uva, trigo y pera hay un aumento de estas sustancias al comenzar la maduración. En aguacate el ácido abscísico (ABA) aparece tardíamente durante el crecimiento del fruto y su concentración varía inversamente con la intensidad del crecimiento. (1).

Por último, el etileno desempeña un papel fundamental en el proceso de maduración, se detectan dos picos de actividad; uno inmediatamente después de la antesis y asociado con la abscisión de los frutos, y otro posteriormente y asociado con la maduración. El etileno se deriva de los carbonos 3 y 4 del aminoácido metionina. (20).

#### **4.1.5.3.6. COMPOSICIÓN QUÍMICA DEL FRUTO.**

Los frutos en general poseen diferentes compuestos químicos debidos a las reacciones metabólicas que se dan dentro de sus mismos tejidos. Los frutos poseen carbohidratos que son los responsables directos del sabor de los mismos, apariencia y textura. El sabor depende directamente del equilibrio entre azúcares y ácidos. El color atractivo se debe a los derivados azucarados de las antocianidinas y la textura es regulada por los polisacáridos estructurales. (7).

Los ácidos orgánicos más comunes en los frutos son el ácido cítrico y el ácido málico. Son los responsables del sabor de los frutos y de su valor comercial al hacer de los frutos agradables o desagradables para el consumo. (1).

Las proteínas aunque están presentes en concentraciones muy bajas, son muy importantes puesto que de ellas depende directamente la determinación y el mantenimiento de la

organización celular así como la actividad enzimática implicada en el metabolismo durante el crecimiento, desarrollo y maduración de frutos. (1).

Los lípidos son importantes en aquellos frutos que acumulan gran cantidad de reservas oleaginosas durante su desarrollo como las aceitunas o aguacates y que son importantes como fuente de grasas y aceites para la alimentación humana. Estos compuestos se acumulan en la epidermis de los frutos y forman parte de la cutícula, controlando la transpiración y el ataque de enfermedades e insectos. (20).

Los compuestos volátiles son importantes debido a que proporcionan aroma a los frutos. Estos se encuentran en concentraciones por debajo de una parte por millón y son compuestos agrupados como ésteres, lactonas, alcoholes, ácidos, aldehídos, cetonas, acetales, hidrocarburos y cetonas. El color en los frutos se debe a compuestos fenólicos que junto con las antocianinas se encuentran típicamente localizadas en las capas epidérmicas de los frutos. Los cambios de color debidos al proceso de maduración de los frutos se deben a la presencia de carotenoides y triterpenoides. Las vitaminas son la contribución principal de los frutos a la nutrición humana, entre las más comúnmente presentes en los frutos están, la vitamina antiescorbútica, el ácido ascórbico o vitamina C. (7).

Cuadro 2. Análisis bromatológico del fruto de Mora (Rubus sp).

COMPOSICION POR 100 g. DE PORCION COMESTIBLE.	
Valor energético	57 %.
Humedad.	87.4 %.
Hidratos de carbono	13.2 g.
Fibra.	3.9 g.
Proteína.	1.2 g.
Grasa	0.6 g.
Ceniza	0.6 g.
Ca	34 mg.
P	36 mg
Fe	2 mg
Vitamina A activada.	10 mg.
Tiamina.	0.2 g.
Riboflavina.	0.4 mg.
Niacina.	0.5 mg.
Acido Ascórbico.	18 mg.
Porción no comestible. 4% (Cáliz).	

Fuente: Citado por López (16), Instituto de Nutrición de Centroamérica y Panamá.

### 3.1.5.3.7 MADURACIÓN DE LOS FRUTOS.

La maduración de los frutos puede ser definida como la secuencia de cambios en color, sabor y textura que hacen que el fruto sea aceptable para el consumo humano. Estos cambios son originados con una secuencia de acontecimientos a nivel celular desde que una concentración activa de etileno en los espacios intercelulares en el interior del fruto precede al aumento respiratorio y que debido a un suministro exógeno de etileno puede desencadenarse el climaterio en frutos inmaduros e inducir en ellos el proceso autocatalítico de producción de etileno. El etileno es considerado por tanto, como la hormona natural de la maduración. (1).

En todos los frutos, la tasa respiratoria es elevada cuando son jóvenes, mientras las células aún se dividen y crecen con rapidez. Después, la tasa declina de manera gradual, incluso si el fruto se corta. Sin embargo, en muchas especies, como en la manzana, la disminución gradual en la respiración se revierte en un marcado incremento al que se conoce como climaterio. Este fenómeno fue descrito en los estudios de Kidd y West citados por Leopold. (14).

El climaterio se define como un período en el desarrollo de ciertos frutos, durante el cual tiene lugar una serie de cambios bioquímicos iniciados por la producción autocatalítica de etileno, que señala el cambio de crecimiento a envejecimiento, implica un aumento en la respiración y conduce de forma irreversible a la maduración del fruto. (1).

Algunos frutos, incluyendo los cítricos, cereza, uva, piña y fresa, no presentan climaterio. La toronja, naranja y limón, maduran en el árbol; si se cortan antes, su respiración continúa a una tasa que disminuye gradualmente. Se desconocen las ventajas o desventajas del climaterio. Tampoco son claras las bases bioquímicas del incremento climaterio de la respiración, pero las técnicas bioquímicas y la biología molecular deberán ayudar a solucionar este problema. (20).

## **3.2 MARCO REFERENCIAL:**

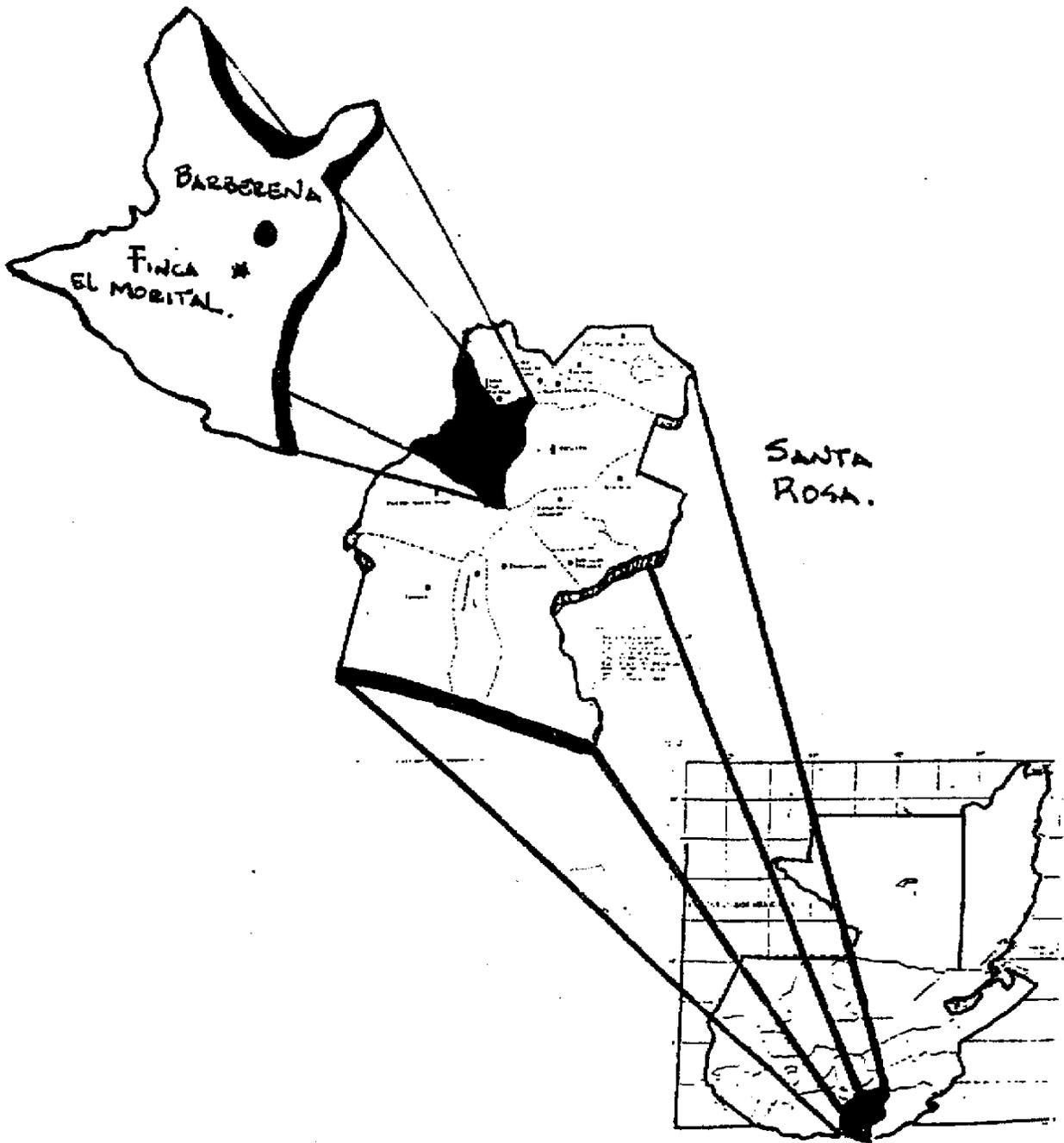
### **3.2.1 CARACTERÍSTICAS DEL ÁREA DE ESTUDIO.**

El estudio se realizó en la plantación de mora, de la Finca El Morital, en Barberena, Santa Rosa. Se eligió esta área del territorio nacional por ser una región donde se empieza a extender el cultivo de la mora en la actualidad y en la que se tienen muchas expectativas sobre la adaptación del cultivo y el desarrollo que pueda tener. La misma se encuentra ubicada en las coordenadas 90° 22' 24" Longitud Oeste y 14° 16'30" Latitud Norte, a una altura de 1558 msnm. Dentro del área se ha registrado una precipitación media de 2000 mm/año. La temperatura media mensual es de 22 °C, se registran vientos de entre 1.69 y 6.20 Km./h así como una evaporación promedio de 1722 mm/año (11). Ver figura 1.

El municipio se encuentra ubicado a 54 Km. de la ciudad capital de Guatemala y según De la Cruz (3), la región pertenece a la zona de vida del bosque muy húmedo subtropical (cálido) (bhm-s (c) ).

### **3.2.2 CARACTERÍSTICAS DE LOS SUELOS.**

La finca posee suelos del tipo Cuilapa; suelos de tierra negra, ricos en materia orgánica, de textura franco arcillosa, suelos profundos, topografía semi-plana, quebrada, poco afectada por el viento (10). Incluye suelos terciarios: Rocas volcánicas sin dividir, predominantemente mio-plioceno, incluye tobas, coladas de lava, material laháricos y sedimentos volcánicos (5).



**Figura 1.**  
**Área del Estudio: Municipio de Barberena, Santa Rosa.**  
**Finca El Morital.**

### 3.2.3 USO ACTUAL DE LA TIERRA.

El municipio de Barberena es en la actualidad uno de los principales centros de producción de café de Guatemala. Esto se debe a su topografía y condiciones climáticas. El cultivo del café está ampliamente distribuido en casi la totalidad del municipio, siendo el mayor productor de todo el departamento de Santa Rosa. Dentro del mismo existen 20 beneficios húmedos de café y alrededor de 12 beneficios secos, de los cuales se exporta directamente a Estados Unidos y Europa. (12).

La inestabilidad en los precios de café ha estimulado a algunos productores a introducir cultivos como la fresa (Fragaria sp), piña (Ananas comosus), frambuesa (Rubus idaeus), mora (Rubus sp.), tillánseas, izote (Yucca elephantipes) y otros. (12).

### 3.2.4 VARIEDADES MÁS IMPORTANTES DE MORA.

Las variedades de mora comercialmente cultivadas que se han desarrollado tuvieron su origen en híbridos interespecíficos e intervarietales (25).

Dentro de las mismas para Centro América se han recomendado según Picha (17), las variedades siguientes:

La variedad *Brazos*, cuya adaptación es muy grande. Esta variedad como todas las recomendadas para Centro América fue desarrollada en el Estado de Texas; es una planta erecta y muy vigorosa que produce rendimientos altos con buena calidad de fruta. La fruta es grande, con firmeza mediana. Produce fruta durante un período largo.

La variedad *Rousborough* posee cañas que crecen moderadamente erectas. Adaptada a un gran rango de condiciones climáticas y de suelo, constituye una opción para áreas secas y calientes. Posee fruta muy grande, dulce y firme con semillas más pequeñas que las de la variedad *Brazos*.

La variedad *Brison* posee cañas con un crecimiento moderado y erecto y semillas con un tamaño más pequeño. Fruta mas firme y algo más dulce que el caso de la variedad *Brazos*.

Otra variedad que se recomienda es la *Womack* que posee cañas que tienen un crecimiento moderado y erecto con semillas de un tamaño más pequeño, siendo esta similar a la *Brison* y

la Rousborough.

### **3.2.5 MANEJO DE LA PLANTACIÓN.**

De acuerdo a lo observado y lo indicado por el dueño de la plantación donde se realizó el estudio, la siembra se realizó del 22 al 30 de junio de 1995 y ha sido manejada de la siguiente manera: Cada 15 días se procede a asperjar con un fungicida no sistémico (Captán (CIS N (Triclorometil) tio) 4- ciclohexen -1,2 dicarboximida), un insecticida (Malathión (0,0 -dimetil fosforoditioato de dietil mercaptosucciato) o un acaricida (Metasistox (Ox'idemeton metil S(etil-tioetil) 0,0 - dimetil fosforoditroato) y fertilizante foliar, además de un adherente. Los productos aplicados cambian normalmente cada 6 meses.

Durante los meses de invierno ( mayo - octubre ), se hacen aplicaciones al suelo de fertilizante completo especialmente a base de fósforo y potasio. Durante el verano ( noviembre - abril ) , se realiza riego por goteo a razón de 2 horas cada 2 días, utilizando mangueras de 16 mm con gotero a cada 50 cm. y con una capacidad de riego de 2 l/ h/gotero.

Durante los meses en los cuales se aplica riego por goteo, se hacen aplicaciones de fertilizante completo en el agua de riego, cada 30 días. En los meses de diciembre y enero, se realizan podas leves para que la producción coincida con la ventana de mercado de abril y mayo.

Una vez pasada la primera ventana de mercado, se realizan podas drásticas en julio y se prepara la producción para la segunda ventana de mercado de octubre y noviembre y así reiniciar el ciclo en diciembre.

Durante los meses de producción, se cosecha todos los días entre 6 y 7 de la mañana, luego el producto es llevado inmediatamente a un lugar donde es ventilado y durante los meses más calurosos se cosecha por la mañana y por la tarde.

### **3.2.6 ANALISIS DE REGRESIÓN.**

El análisis de regresión es utilizado en climatología para estimar las relaciones funcionales constantes que no son expresadas directamente por las operaciones físicas. Es utilizado para establecer la relación entre las series climatológicas y las variables aplicadas. (13).

Si el modelo de regresión fuera lineal, la exactitud de la línea recta calculada por la regresión lineal depende del grado de dispersión de sus datos. Cuanto más lineales sean los datos, más exacto será el modelo de la regresión lineal. La regresión lineal usa el método de mínimos cuadrados para determinar el mejor ajuste de los datos. (15).

La regresión lineal puede calcular la recta que mejor se ajusta a los datos. En los análisis de regresión, se calcula, para cada punto, el cuadrado de la diferencia entre los valores y estimados y los reales. La suma de estas diferencias cuadradas se conoce como la "suma residual de cuadrados". Después, se calcula la suma de las diferencias cuadradas entre los valores reales y la media de los valores, lo que se conoce como la "suma total de cuadrados" (suma de regresión de cuadrados más suma residual de cuadrados). Cuanto más pequeña sea la suma residual de cuadrados en comparación con la suma total de cuadrados, mayor será el valor del coeficiente de determinación  $r^2$ , que es un indicador de lo bien que la ecuación resultante del análisis de regresión explica la relación entre las variables (2).

### **3.2.7 ESTUDIOS REALIZADOS SOBRE MORA Y EL CRECIMIENTO EN OTRAS ESPECIES.**

López (16), evaluó el efecto de adelantar la poda en mora sobre el período de producción, rendimiento y rentabilidad en 3 localidades del altiplano central de Guatemala, siendo estas, San José Pinula, San Miguel el Tejar y Santa María Cauqué. Su estudio se basó en comparar el tiempo que se lleva la mora en producir, adelantando siete semanas la poda, que usualmente se realiza en estas regiones en la segunda quincena de enero. López concluye en su investigación que, en San José Pinula y en El Tejar, se dio un adelanto de la cosecha de una semana respecto a Santa María Cauqué debido principalmente a las condiciones climáticas de esa región.

Contreras (2), en su estudio sobre el crecimiento y rendimiento del Pinus caribea en Machaquilá, Poptún, Petén, indica que la relación entre el área ocupada por árbol y la altura total responde a un modelo cuadrático de crecimiento, la relación de altura y volumen real individual corresponde a un modelo radical. A este mismo modelo responde la relación que existe entre el área basal y la altura total de los árboles. Así mismo concluye en su estudio que las curvas de crecimiento en altura y volumen, presentan un comportamiento sigmoide.

Juárez (13), indica en su estudio sobre el crecimiento de doce especies de bambú, que las curvas de crecimiento de estas especies, obedecen a una forma típica de crecimiento sigmoide

aunque algunas de las especies estudiadas presentaban curvas doblemente sigmoideas. Relacionó las variables tiempo en alcanzar la altura máxima, crecimiento en altura y diámetro. Realizó análisis de regresión, correlación para determinar el tipo relación y grado de asociación entre variables, resultando para la mayoría de las especies evaluadas los modelos, exponencial, cuadrático y lineal los que mejor representan el crecimiento en esas variables respecto al tiempo.

Fernández (6), estableció en su estudio sobre el crecimiento y etapas de desarrollo de las plantas de arroz, que uno de los indicadores más importantes del crecimiento, es la cantidad de materia seca, que en esas plantas varía según la variedad y con los factores ambientales así como por la disponibilidad de nutrientes del suelo pero que el patrón de acumulación es similar en todos los arroces.

El crecimiento y desarrollo del Pinus oocarpa y Pinus pseudostrobus fue estudiado por Rojas (19), en San Martín Jilotepeque, Chimaltenango, estableciendo que entre el crecimiento en diámetro de altura de pecho (Dap) y altura total así como en diámetro de altura de pecho es representado por medio de un modelo de relación geométrico para ambas especies. El volumen real sin corteza y el diámetro de altura de pecho es representado por medio de un modelo de relación lineal. Así como, la altura y el volumen sin corteza que también es representado por medio de un modelo de relación lineal. El modelo logarítmico es el que mejor representa según este estudio, la relación que existe entre la altura total y el área basal. En un estudio de Pinus maximoi en el área de Jalapa, Escobar (4), estableció, que el modelo cuadrático, es el que mejor representa la relación entre la edad y la altura dominante, la relación entre el diámetro de altura de pecho y la edad y la relación de esta última con el incremento en volumen.

El estudio de crecimiento y rendimiento del Pinus oocarpa en Chiquimula efectuado por Villafuerte (27), indica que las relaciones entre altura - volumen, área basal - volumen y edad - altura, son representadas por medio de un modelo logarítmico. Por medio de un modelo de geométrico, son representadas las relaciones entre edad - diámetro, edad - área basal y edad - volumen. Las relaciones entre el diámetro de altura de pecho - altura y diámetro de altura de pecho - volumen real son representadas por el modelo logarítmico.

#### 4. OBJETIVOS.

1. Determinar el efecto de la temperatura en los días a la cosecha del fruto de mora ( Rubus sp ) medido a partir de la apertura de la flor.
2. Determinar el efecto combinado de la temperatura y el fotoperíodo en los días a la cosecha del fruto de mora, medido a partir de la apertura de la flor.
3. Establecer el modelo matemático que mejor represente el efecto de la temperatura y el fotoperíodo en los días a la cosecha del fruto de mora.
4. Realizar un análisis comparativo del crecimiento en largo, diámetro, volumen y peso seco de fruto de la mora en las dos temporadas de cosecha.

## 5. METODOLOGÍA.

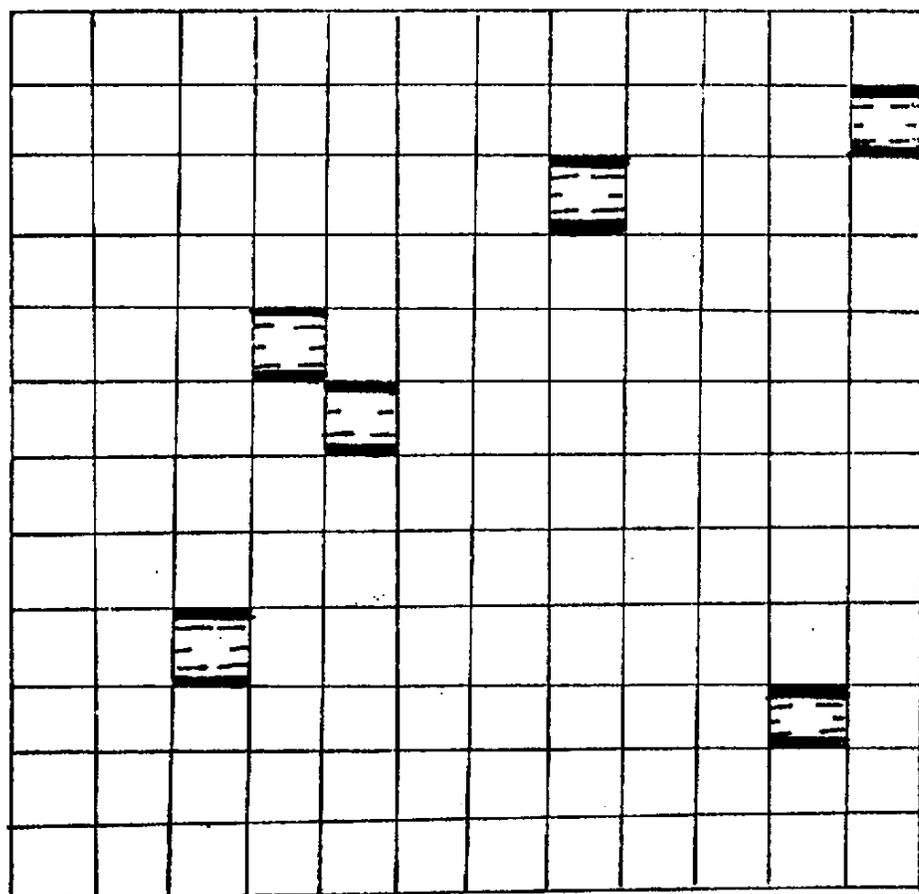
### 5.1 ETAPA FENOLÓGICA ESTUDIADA.

El presente estudio se realizó en el cultivo de la mora, en el período correspondiente a la fructificación. Este período comienza desde el momento de la antesis o apertura de la flor hasta la cosecha del fruto maduro. Durante todo este período, se van dando cambios en el desarrollo de las flores y frutos así como en el crecimiento de los mismos. Este período finaliza luego de transcurridas 6 semanas de la apertura de la flor (17). En este estudio se realizó un seguimiento en días a la cosecha, incremento en peso seco, volumen, diámetro y largo, así como el comportamiento del fotoperíodo y la temperatura para cinco períodos de fructificación distribuidos entre los meses de octubre - diciembre de 1996 y marzo - mayo de 1997.

### 5.2 DISEÑO DEL ESTUDIO.

Dentro de los 4,000 m<sup>2</sup> de la plantación en la que se desarrolló el estudio, se ubicaron 6 unidades de observación. Para ello, se tomó como base la aleatorización de los tratamientos que se evaluaban en otra investigación en la misma plantación. En esa investigación se evaluaban los efectos del período y la intensidad de las podas en la producción de mora. En la misma se distribuyeron de manera aleatoria los tratamientos en un diseño de cuadrado latino. Para el presente estudio, se eligió uno de esos tratamientos con el total de sus repeticiones. Esas unidades de observación fueron estudiadas a lo largo de los cinco períodos de estudio que comprendían desde apertura de flor hasta cosecha. (15).

Se tomó como base para la recopilación de información, la estación meteorológica que se ubicó en la plantación y la unidad de observación, la cual constaba de seis plantas de mora ubicadas de manera continua en un mismo surco como se muestra en la Figura 2.



 = UNIDAD DE OBSERVACIÓN.

  
FURCO

Figura 2. Ubicación de las 6 unidades de observación en la plantación de mora.

Las unidades en las cuales se realizó el estudio tenían como característica que las plantas que las conformaban fueron podadas el mismo día y por lo tanto poseían un mismo nivel de desarrollo fenológico. Se estudiaron seis unidades de observación en cada período de estudio que comprendía, desde la apertura de la flor hasta la cosecha del fruto.

Los cinco períodos de observación estudiados se distribuyeron de la siguiente manera: los dos primeros corresponden al año 1996 (octubre a diciembre), y los tres restantes correspondieron al año 1997 (marzo a mayo). Con esta cobertura en el tiempo, dos temporadas de cosecha, se pudo abarcar todo un año productivo del cultivo de la mora (Rubus sp ) para las condiciones de Barberena, Santa Rosa.

Entre el inicio del estudio de cada período se tuvieron quince días de diferencia con el objeto de cubrir toda la temporada de cosecha.

### **5.3 SELECCIÓN DE FLORES Y COSECHA DE FRUTOS.**

#### **5.3.1 SELECCIÓN DE FLORES.**

Una vez establecidas y seleccionadas las unidades de observación, se procedió a elaborar etiquetas de 1 cm<sup>2</sup> en cartulina; las que fueron protegidas con parafina para evitar su deterioro y el daño de algunos insectos, en ellas se escribió la palabra "fecha".

Con estas etiquetas se seleccionó un total de 40 flores de cada unidad de observación en el inicio de cada período que se estudió. Estas etiquetas pendían por medio de un alambre, de muy poco peso, de las flores seleccionadas, ubicadas en la parte media de las plantas de mora.

Se registró la fecha en la que las flores se etiquetaban y la fecha en la que los frutos originados de esas flores eran cosechados. El registro de esta última fecha, era posible mediante la recolección de las etiquetas el día en que los frutos etiquetados eran cosechados.

Paralelamente a la labor del etiquetado de flores, habiéndose instalado al lado de la plantación un abrigo meteorológico el cual contenía en su interior un termómetro de máximas y mínimas, se procedió a registrar las temperaturas de las 6, 13 y 18 horas para cada uno de los días que duraron los períodos de estudio. Para obtener información sobre la duración del fotoperíodo en el área del estudio, se consultaron los registros del Instituto de Sismología, Vulcanología, Meteorología e Hidrología, INSIVUMEH correspondientes a la estación

meteorológica de Los Esclavos.

### **5.3.2 TOMA DE DATOS DE CRECIMIENTO DE FRUTOS.**

Para realizar el análisis comparativo del crecimiento del fruto de mora en las variables; longitud, diámetro, volumen y peso seco, se midieron las mismas durante los cinco períodos de observación. Al inicio de cada período de observación se marcaron 24 flores en cada unidad, esta actividad se hizo por medio de etiquetas similares a las mencionadas en el primer párrafo de la sección 5.3.1.

Se utilizaron etiquetas de diferentes colores, que representaban un período determinado de observación.

Posteriormente se procedía a cortar 18 frutos semanales, tres por unidad de estudio, a los que se les determinaba el diámetro, volumen, longitud y peso seco. Las etiquetas de colores con las que se seleccionaron las flores fueron identificadas con diferentes números del 1 al 5; números que correspondían a la semana en la que dichos frutos en desarrollo debían cortarse para ser medidos.

Para determinar la variable diámetro y longitud, se utilizó un vernier milimétrico. El volumen fue determinado mediante el uso de una probeta graduada en centímetros cúbicos que era llenada hasta cierto nivel con agua y en la que por diferencia de alturas de agua al sumergirse cada fruto, se conseguía conocer el volumen del mismo. El peso seco se determinó colocando los frutos por 48 horas a 105° C en un horno de convección y luego pesándolos en una balanza analítica.

## **5.4 ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN.**

### **5.4.1 TABULACIÓN DE DATOS CLIMÁTICOS.**

Al concluir los períodos se trabajó en la tabulación de las temperaturas medias diarias corrigiéndolas según el principio de la biotemperatura para cultivos. Para el caso de la mora, se obtuvo con la sustracción de 5° C a la temperatura media diaria.

Se procedió a encontrar la relación que existe entre esta acumulación de calor, llamada Grados día (14), y una manifestación del crecimiento como lo es el tiempo de desarrollo de un

fruto.

Se realizó la sumatoria de temperaturas medias diarias (grados día) acumuladas hasta cada uno de los días de cosecha y se relacionaron esos datos con el número de días a la cosecha que les correspondía. Posteriormente se procedió a realizar el análisis matemático.

La información obtenida de la duración del día en los meses de estudio se relacionó con los grados día en el análisis matemático que se describe a continuación.

#### **5.4.2 ANÁLISIS MATEMÁTICO.**

Para los datos de cada época (octubre - diciembre y marzo - mayo), se realizó un análisis de regresión simple y correlación para determinar el tipo de relación, el grado de asociación y la magnitud de la relación entre las siguientes variables:

- Sumatoria de Temperaturas medias diarias (grados día) y Días a la cosecha.
- Sumatoria del efecto combinado de las Temperaturas medias diarias (grados día) por fotoperíodo y Días a la cosecha.

Previamente se identificaron las variables dependientes e independientes tomando como base los modelos desarrollados por Candolle (1855) y Nuttonson (1948) en los cuales la variable dependiente puede ser un factor cuantificable del desarrollo fenológico de un cultivo como porcentaje de azúcar, peso, días a cosecha, etc. y la variable independiente está constituida por factores de origen climatológico como la sumatoria de temperaturas medias diarias o grados día y la duración del día o fotoperíodo. (14).

Para identificar el tipo de relación entre las variables, se evaluaron los siguientes modelos de regresión :

**Modelo logarítmico .**  $Y = a \ln x + b$

**Modelo Lineal.**  $Y = a x + b$

**Modelo Exponencial.**  $Y = a e^{bx}$

**Modelo cuadrático.**  $Y = aX^2 + bX + c$

Mediante el análisis de regresión, se seleccionó el modelo que presentó el valor más cercano a uno de coeficiente de determinación . Solo para estos casos se hizo una gráfica de la relación. (15).

Para realizar el análisis de regresión, se utilizó el sistema de computación SAS®, statistical

analysis system y la hoja electrónica Quatro Pro®.

Posteriormente se utilizó la prueba de bondad de ajuste para verificar si el modelo obtenido en el análisis de regresión se ajustaba correctamente, comparándose los datos esperados con los observados.

Paralelamente se realizó una evaluación de modelos de regresión para describir la relación existente entre la temperatura media diaria integrada de los cinco períodos que se estudiaron y sus respectivos días a cosecha. El objeto de esta evaluación fue cuantificar el efecto en días a la cosecha que la temperatura ejerce sobre el tiempo de crecimiento y desarrollo de los frutos de la mora. La evaluación de estos modelos se realizó de la misma manera que los modelos explicativos anteriores, habiéndose realizado la prueba de bondad de ajuste respectiva.

Con el modelo generado, se determinó si existe o no diferencia en días a la cosecha entre las temporadas de marzo a mayo y de octubre a diciembre.

También se hizo la evaluación de modelos para cuantificar el efecto del producto de las temperaturas medias diarias por la duración del fotoperíodo y sus respectivos días a la cosecha mediante la integración de los datos de campo de los cinco períodos estudiados. En este caso también se realizó la prueba de bondad de ajuste para el modelo.

En cuanto al análisis comparativo de variables cuantitativas, volumen, longitud, diámetro y peso seco; los datos de campo de cada período se agruparon por semana, y estos a su vez por unidad. Se obtuvo el promedio de cada semana en los 5 períodos. Se elaboraron curvas de crecimiento graficando los datos correspondientes a cada período de las dos temporadas de cosecha, 1996 y 1997 respectivamente y se comparó crecimiento en volumen, longitud, diámetro y peso seco entre períodos de observación basándose en las tasas de crecimiento.

## 6. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.

### 6.1 RELACIÓN ENTRE VARIABLES.

#### 6.1.1 RELACIÓN GRADOS DÍA Y DÍAS A LA COSECHA.

Al realizar la evaluación de los modelos matemáticos por medio del sistema SAS, statistical analysis system, se determinó que entre los "grados día" o sumatoria de temperaturas medias diarias y los días a la cosecha del fruto de mora en los períodos de observación de octubre a diciembre de 1996, existe una relación representada por un modelo cuadrático, ya que fue este el modelo que más se ajustó a la dispersión de los datos con un coeficiente de determinación 0.9992, igualmente, para los períodos estudiados entre marzo y mayo de 1997, la relación es representada por un modelo cuadrático con un coeficiente de determinación de 0.9896 como se muestra en el cuadro 3.

Cuadro 3. Modelos que mejor explican la relación entre Grados día y días a cosecha del fruto de mora (*Rubus* sp.), bajo las condiciones climáticas de Barberena, Santa Rosa.

Fecha.	MODELO	MODELO FINAL	COEF. DETERMINACION
Oct - Dic.	Cuadrático.	$Y = 1 \times 10^{-3} X^2 + 0.0538 X + 34.221$	0.9992
Marzo-Mayo	Cuadrático.	$Y = 3 \times 10^{-5} X^2 + 0.0181 X + 11.41$	0.9896

Se observa una relación de proporción directa entre los días a la cosecha y los grados día, ya que al aumentar el valor de los grados día, aumentan también los días a la cosecha.

Como se observa en las figuras 3 y 4, en los meses de más altas temperaturas en el área de la plantación, marzo a mayo, el valor de los grados día es menor que en los meses de más bajas temperaturas, octubre a diciembre.

Al disminuir los grados día en los días con más altas temperaturas, se observa una aceleración del período de fructificación, teniéndose un número menor de días a la cosecha. Lo anterior se explica en el incremento del metabolismo debido al incremento de la temperatura. En las figuras 3 y 4 se observa la línea de tendencia de la relación que existe

entre los grados día y días a cosecha para los meses en que se realizó el estudio.

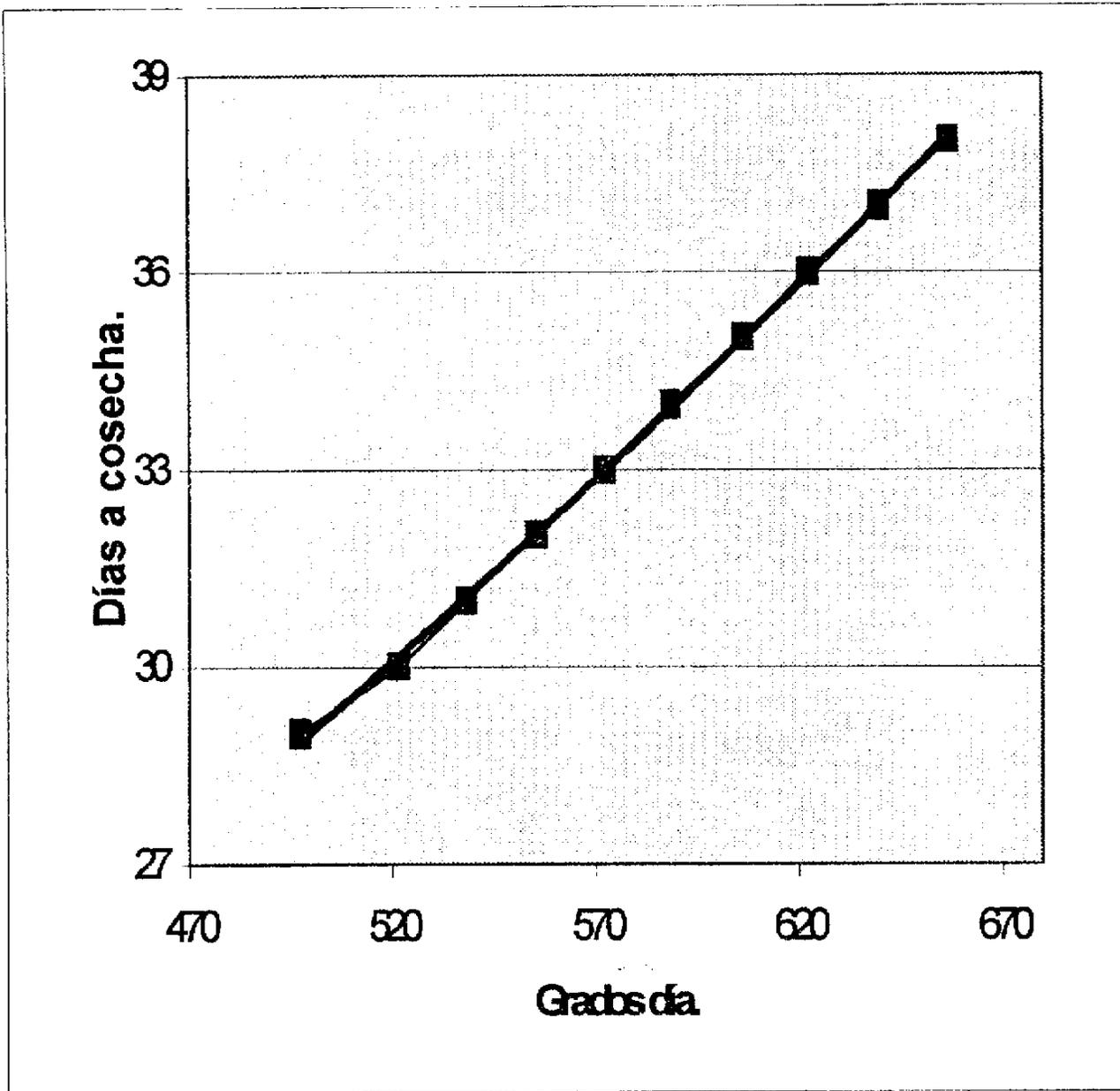


Figura 3. Línea de tendencia que representa la relación entre los grados día y los días a la cosecha en el cultivo de la mora durante los meses de marzo a mayo.

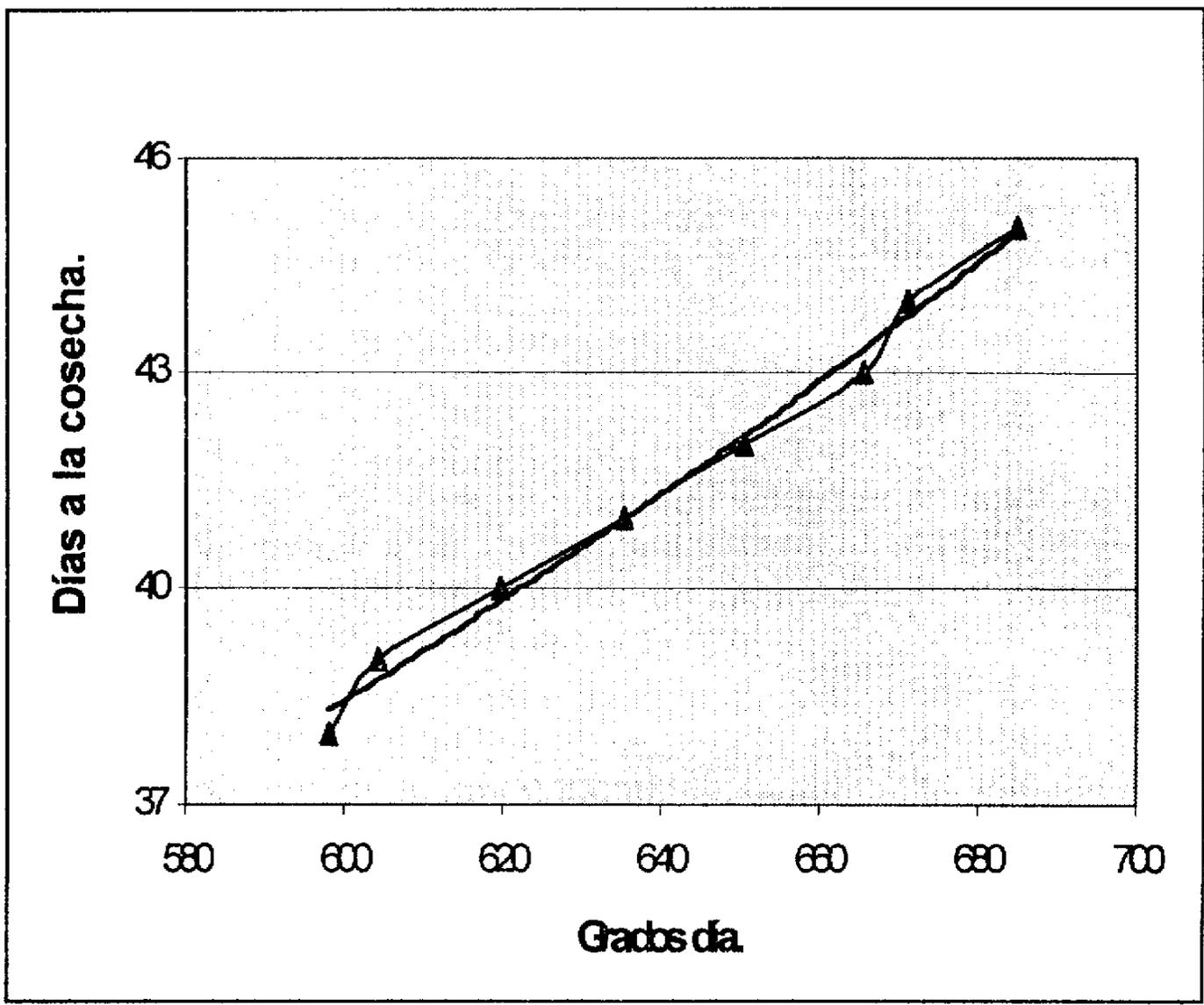


Figura 4. Línea de tendencia que representa la relación entre los grados día y días a la cosecha en el cultivo de mora durante los meses de octubre a diciembre.

### 6.1.2 RELACIÓN GRADOS DÍA POR FOTOPERÍODO Y DÍAS A LA COSECHA .

Entre los modelos evaluados, el que mejor representa la dispersión entre las variables, grados día por fotoperíodo y días a la cosecha es el cuadrático, con un coeficiente de determinación de 0.9908 y 0.9998, para los días con más bajas temperaturas, octubre a diciembre y más altas temperaturas, marzo a mayo. La relación cuadrática que se menciona en el inciso anterior, cuadro 3, entre los días a la cosecha y los grados día, no se ve beneficiada al incluir al fotoperíodo como factor de corrección debido a que los coeficientes de determinación son más altos al incluir únicamente a los grados día. En el cuadro 4, se observan los modelos matemáticos que mejor representan la relación entre grados día por fotoperíodo y días a la cosecha.

El fotoperíodo tiene una menor duración en el período de octubre a diciembre donde también se reportan las temperaturas más bajas del área. Mientras que en los meses de temperaturas altas marzo - mayo, el fotoperíodo es mayor. En esta relación, como se observa en la figura 5 y 6, se establece que el producto de los grados día y el fotoperíodo al relacionarlo con los días a la cosecha es directamente proporcional debido a que cuando aumenta el producto de los grados día y el fotoperíodo, los días a la cosecha aumentan.

Cuadro 4. Modelos matemáticos que mejor representan la relación entre grados día por fotoperíodo y días a la cosecha.

Fecha.	MODELO	MODELO FINAL	C. DETERMINACION
Oct – dic.	Cuadrático.	$Y = 3 \times 10^{-7} X^2 + 0.0004 X + 15.039$	0.9908
Marzo-mayo	Cuadrático.	$Y = 6 \times 10^{-7} X^2 - 0.0043 X + 34.221$	0.9990

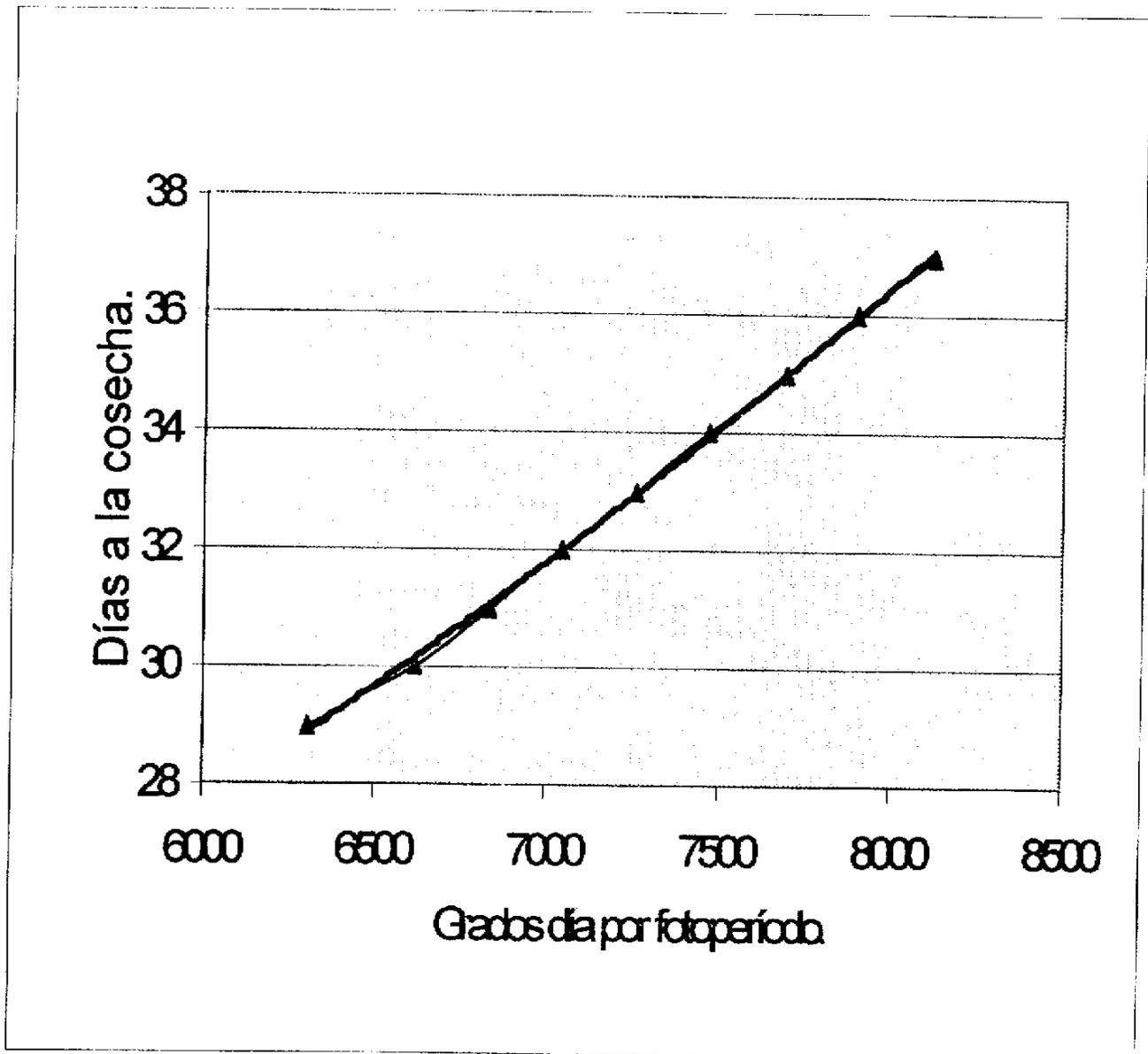


Figura 5. Línea de tendencia que representa la relación entre grados día por fotoperíodo y días a la cosecha del fruto de mora (*Rubus* sp), durante los meses de marzo a mayo.

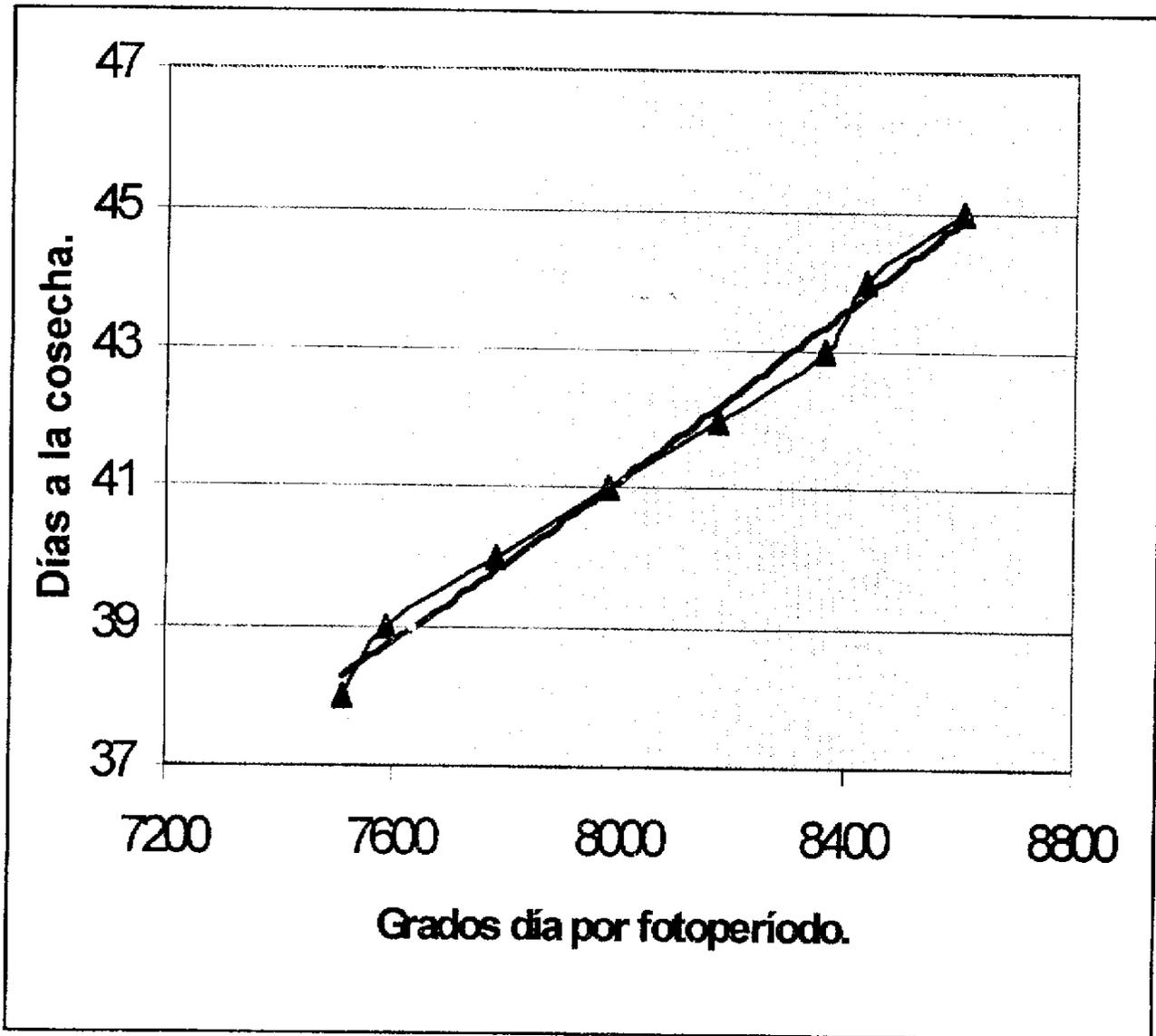


Figura 6. Gráfica con línea de tendencia que representa la relación entre grados día por fotoperíodo y días a la cosecha del fruto de mora (*Rubus* sp), durante octubre a diciembre.

### 6.1.3 RELACIÓN ENTRE TEMPERATURAS MEDIAS DIARIAS Y DÍAS A LA COSECHA DURANTE EL CICLO ANUAL DEL CULTIVO.

Se realizó la integración de los datos de campo de los cinco períodos estudiados para cuantificar mediante la generación y aplicación de un modelo matemático, la diferencia que existe entre los días a la cosecha correspondientes a períodos con diferentes temperaturas medias diarias; los correspondientes a los meses de octubre a diciembre y los de marzo a mayo.

El modelo generado que se muestra en el cuadro 5, corresponde a un tipo de relación cuadrática con un coeficiente de determinación de 0.8395. En la figura 7, se observa que en la medida en que se incrementa la temperatura media diaria disminuyen los días a la cosecha, situándose en 29 días cuando la temperatura media diaria alcanza los 22.7 ° C y en cuarenta y cinco días cuando la temperatura media diaria se sitúa en 20.5 °C.

Al evaluar el modelo generado con temperaturas medias diarias de los períodos estudiados, se observa una diferencia de 7 días a la cosecha entre el resultado generado a partir de datos de marzo a mayo respecto a el resultado utilizando datos de octubre a diciembre. De esta forma se determina que durante los meses de altas temperaturas en Barberena, marzo a mayo, la cosecha de frutos de mora se adelanta 7 días situándose en promedio en el día 33.

Cuadro 5. Modelo que mejor representa la relación entre las temperaturas medias diarias de los 5 períodos estudiados y los días a la cosecha del fruto de mora, en Barberena Santa Rosa.

Período	Modelo	Modelo final	Coef. De determinación
Cosecha anual.	Cuadrático.	$Y = 0.2941X^2 - 18.753X + 304.82$	0.8395

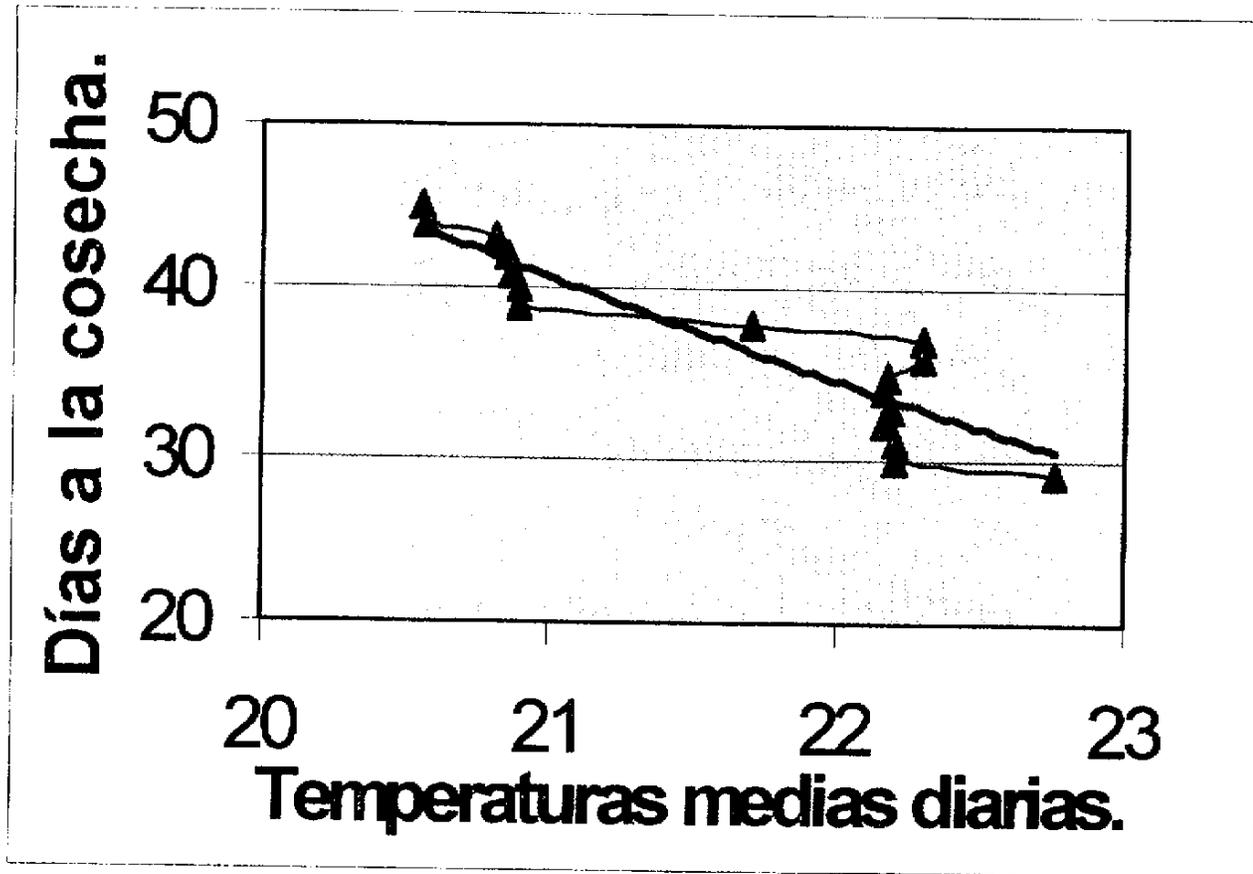


Figura 7. Línea de tendencia que mejor representa la relación entre las temperaturas medias diarias del ciclo anual del cultivo de mora y los días a la cosecha, en Barberena, Santa Rosa.

#### 6.1.4 RELACIÓN ENTRE TEMPERATURAS MEDIAS DIARIAS POR FOTOPERÍODO Y DIAS A LA COSECHA.

Para establecer esta relación, se integraron los datos de la temperatura media diaria en promedio de cada período estudiado y la duración del día correspondiente. La duración del día se utilizó como factor de corrección mediante el cual se pudo determinar la incidencia de este factor en el crecimiento del fruto.

Como se observa en el cuadro 6, la relación entre los días a la cosecha y la variable de origen climatológico temperaturas medias diarias por fotoperíodo es cuadrática. Esta relación comparada con la que toma en cuenta únicamente a las temperaturas medias, se diferencia en que el coeficiente de determinación es menor, situándose en 0.6438. Por lo mismo se puede afirmar que el fotoperíodo no tiene una incidencia mayor que la temperatura en el crecimiento y desarrollo ya que al incluirlo en el análisis no perfecciona la relación cuadrática porque no incrementa el coeficiente de determinación.

En la figura 8 se muestra la relación en la que, al incrementarse el producto de los días a la cosecha por el fotoperíodo disminuyen los días a la cosecha. Con un producto de 220, los días a la cosecha se sitúan en 45 y para un máximo valor de producto de 280 los días se sitúan en 35.

Cuadro 6. Modelo que mejor representa la relación entre la temperatura media diaria por fotoperíodo y los días a la cosecha en el cultivo de mora para un ciclo anual del cultivo en Barberena, Santa Rosa.

Período.	Modelo	Modelo final	Coef. De Determinación
Cosecha anual.	Cuadrático	$Y = 0.0109 X^2 - 5.7743 X + 800.58$	0.6438

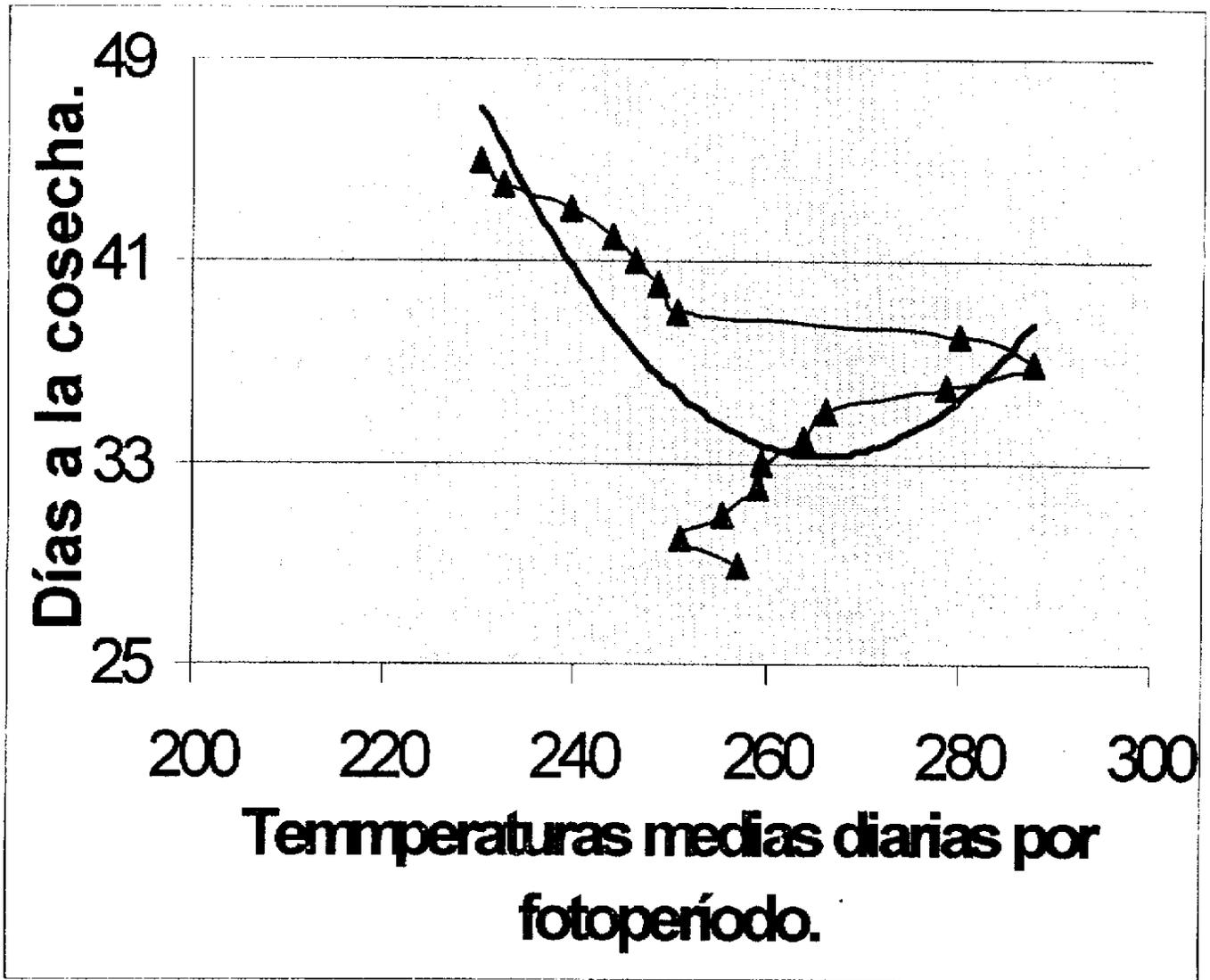


Figura 8. Línea de tendencia que representa la relación entre las temperaturas medias diarias por fotoperíodo y días a la cosecha del fruto de mora (*Rubus* sp) para un ciclo de cultivo anual.

## **6.2 ANÁLISIS COMPARATIVO DEL CRECIMIENTO DE FRUTOS.**

### **6.2.1 AUMENTO EN VOLUMEN.**

En el período de octubre a diciembre los frutos crecieron y se desarrollaron en seis semanas mientras que para el período de marzo a mayo el crecimiento y desarrollo se alcanzó en cinco semanas.

El comportamiento observado en el incremento de volumen para los meses de octubre a diciembre fue el siguiente: en la primer semana de desarrollo, el crecimiento fue mínimo, con una tasa de crecimiento de 0.66 cc/semana. De la segunda a la tercer semana de desarrollo, el fruto crece a una tasa de 1.02 cc/semana, decreciendo la misma hasta 0.83 cc/semana entre la tercera y cuarta semana.

Entre la cuarta y quinta semana de desarrollo se observa una disminución en la tasa de crecimiento para volverse a activar de la semana quinta a la sexta a razón de 3.5 cc/semana.

Para el período de marzo a mayo el incremento vuelve a ser mínimo en la primera semana de desarrollo registrándose una tasa de crecimiento de 0.66 cc/semana. Posteriormente entre la segunda y tercera semana de desarrollo, la tasa de crecimiento se incrementa a razón de 2.66 cc/semana. Coincidentemente con la penúltima semana de desarrollo, al igual que de octubre a diciembre, se produce una disminución de la tasa de crecimiento situándose en 0.96 cc/semana.

La última semana de desarrollo para marzo a mayo es la comprendida entre la cuarta y quinta semana con una tasa de crecimiento que se incrementa hasta 2.09 cc/semana.

Como se muestra en la figura 9, el máximo incremento para todos los períodos es similar situándose en 7.8 cc en promedio al finalizar la etapa de fructificación. También se observa que el fruto de mora para llegar a su máximo volumen necesita de menos tiempo en los meses de más calor.

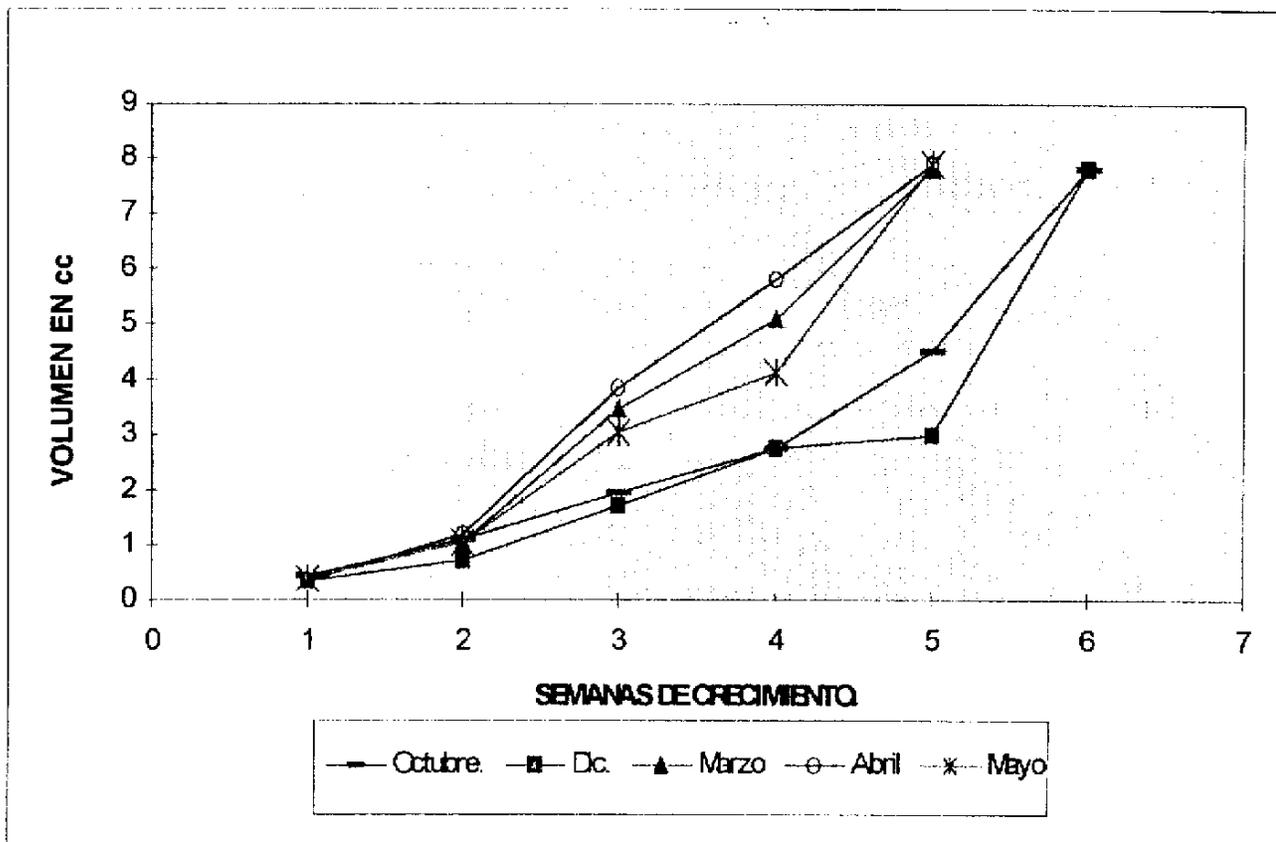


Figura 9. Relación del aumento en volumen del fruto de mora respecto al tiempo en dos temporadas de cosecha en Barberena, Santa Rosa.

### 6.2.2 AUMENTO EN LONGITUD.

En el período de octubre a diciembre, se observa un incremento en esta variable en una tasa de 0.33 cm/semana, esta tasa se incrementa en el lapso comprendido entre la segunda y tercer semana de desarrollo del fruto hasta 0.72 cm/semana.

El crecimiento que presenta el fruto de mora en longitud durante el lapso de la tercera a la cuarta semana de desarrollo, corresponde a una tasa de crecimiento que decrece hasta una razón de 0.43 cm/semana.

Entre la cuarta y quinta semana de desarrollo, los frutos de mora crecen a una tasa de 0.57 cm/semana. Para la última semana de desarrollo antes de la cosecha, la comprendida entre la semana quinta y sexta, los frutos de mora crecen a razón de 0.85 cm/semana, incrementándose la tasa de crecimiento notablemente respecto a las dos semanas anteriores.

Durante el período de marzo a mayo, el fruto de mora se desarrolla completamente una semana antes que entre octubre a diciembre. En este caso, el fruto de mora crece durante la primer semana a una razón de 0.33 cm/semana. Durante la segunda semana de desarrollo, el fruto crece a una tasa de 0.72 cm/semana. Entre la tercera y cuarta semana de desarrollo, que para este caso es la penúltima, se observa una disminución notoria en la tasa de crecimiento, reduciéndose hasta 0.34 cm/semana.

En la última semana de desarrollo la razón de crecimiento se vuelve a incrementar, hasta alcanzar los 0.47 cm/semana.

Como se muestra en la figura 10, el máximo incremento en longitud para todos los períodos es similar situándose en 2.85 cm. en promedio al finalizar la etapa de fructificación. También se observa que el fruto de mora para llegar a su máxima longitud necesita de menos tiempo cuando hay más calor, marzo a mayo.

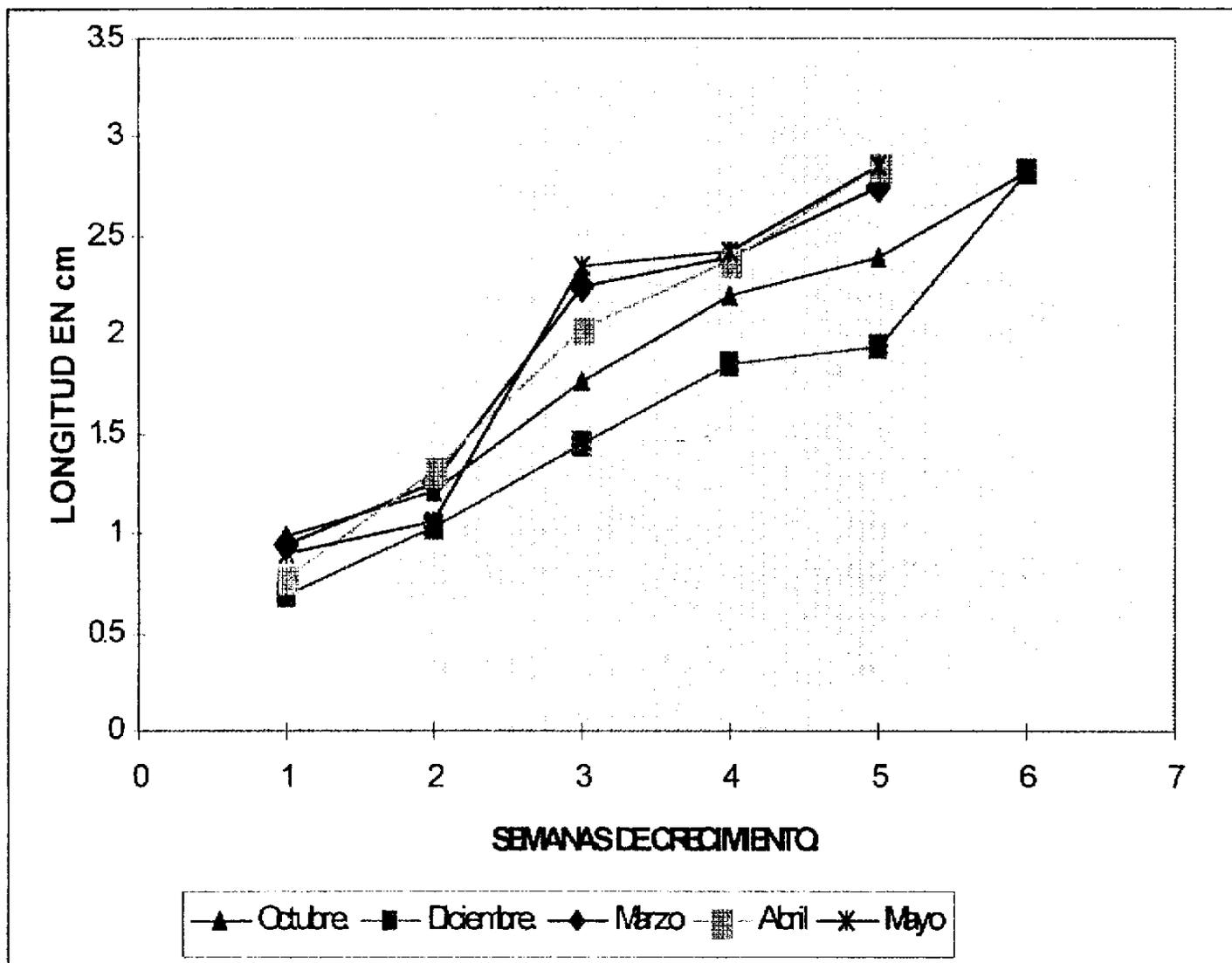


Figura 10. Relación del aumento en Longitud del fruto de mora respecto a tiempo en dos temporadas de cosecha en Barberena, Santa Rosa.

### 6.2.3 AUMENTO EN DIÁMETRO.

Para el período de octubre a diciembre se observa un incremento en la primer semana de desarrollo a razón de 0.26 cm/semana. Durante el lapso comprendido entre la segunda y tercera semana de desarrollo, esta tasa se incrementa hasta 0.54 cm/semana. La misma disminuye hasta 0.4 cm/semana entre la tercera y cuarta semana de desarrollo, continuando la misma tendencia entre la cuarta y quinta semana que para este caso constituye la penúltima semana de crecimiento.

Por último, durante la quinta semana de desarrollo, se observa un incremento en la tasa de crecimiento que llega hasta 0.46 cm/semana.

En el período de marzo a mayo el crecimiento se intensifica entre la segunda y tercer semana de desarrollo ya que en la primera semana el fruto crece solamente a una tasa de 0.26 cm/semana. Entre la segunda y tercera semana, el crecimiento es a razón de 0.83 cm/semana.

Coincidentemente con la penúltima semana de desarrollo, se observa una disminución en el crecimiento, lo que se refleja en la tasa de 0.14 cm/semana para dicho período. Posteriormente, en la última semana de desarrollo, el fruto crece a una tasa de 0.26 cm/semana.

El máximo incremento en diámetro es similar para octubre a diciembre y marzo a mayo, teniéndose en promedio de crecimiento 2.24 cm. También se observa que el fruto de mora para llegar a su máximo diámetro necesita de menos tiempo en los meses de más calor, marzo a mayo.

En la Figura 11 se muestra la relación del incremento en diámetro respecto al tiempo.

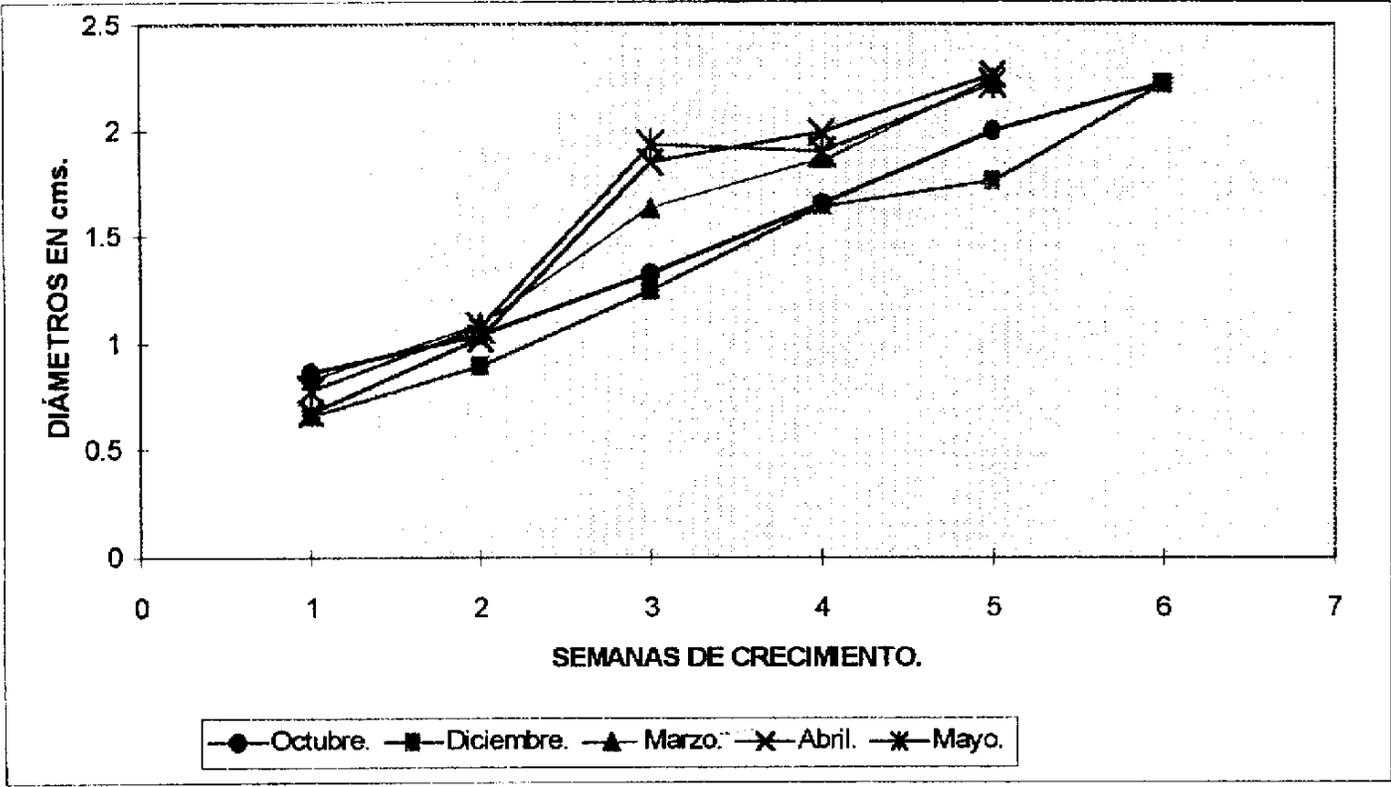


Figura 11. Relación del aumento en diámetro del fruto de mora respecto al tiempo en dos temporadas de cosecha en Barberena, Santa Rosa.

#### 6.2.4 AUMENTO EN PESO SECO.

El peso seco tuvo su incremento máximo en octubre y diciembre con 0.79 g. alcanzado en 6 semanas comparado con el máximo incremento de marzo a mayo que fue de 0.74g. En el período de mayor temperatura se obtiene en menor tiempo el mismo peso.

Durante octubre y diciembre se observa un incremento en la primer semana de desarrollo a razón de 0.07 g/semana, esta tasa se incrementa considerablemente en el lapso comprendido entre la segunda y cuarta semana de desarrollo, situándose en 0.19 g/semana. En la cuarta semana de desarrollo, que se constituye en la penúltima, la tasa de incremento se reduce a un mínimo de 0.040 g/semana para aumentar durante la quinta semana de desarrollo hasta una razón de 0.20 g/semana.

Para los meses con mayores temperaturas, marzo a mayo, el mayor incremento en la tasa de crecimiento en peso se da de la segunda semana a la tercera con una tasa de 0.23 g/semana. La razón de aumento en peso se estabiliza entre la tercera y cuarta semana de desarrollo en 0.17 g/semana. Durante la última semana de desarrollo, la cuarta para este caso, el crecimiento se sitúa con una tasa de 0.21 g/semana. Se observa que el fruto de mora para llegar a su máximo peso seco, necesita de menos tiempo en los meses de más calor, marzo a mayo.

En la figura 12 se observa el comportamiento del peso seco respecto al tiempo en los meses estudiados.

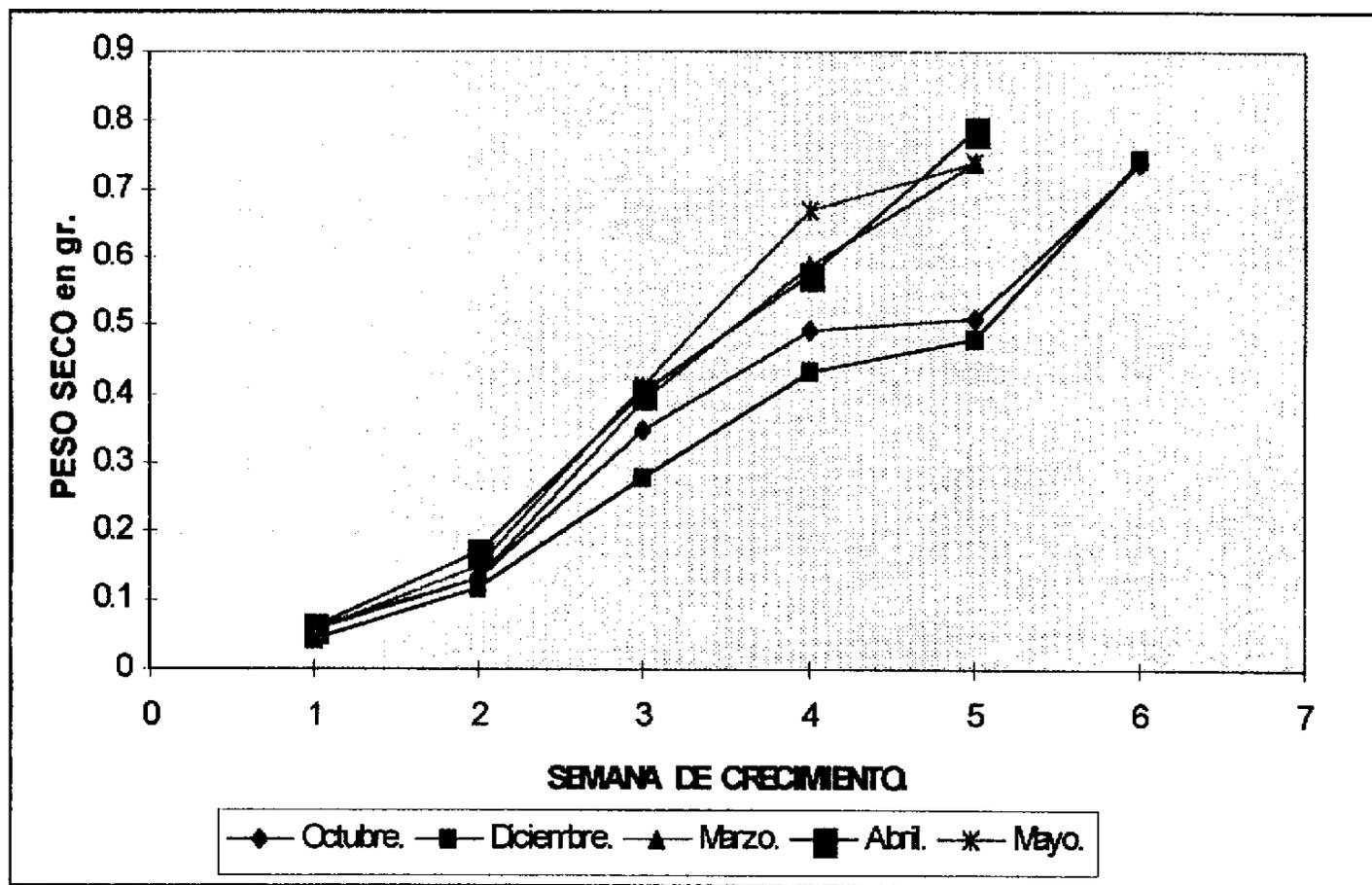


Figura. 12 Relación del aumento en peso seco del fruto de mora respecto al tiempo en dos temporadas de cosecha en Barberena, Santa Rosa.

### **6.2.5 DIAGRAMA DEL CRECIMIENTO DEL FRUTO DE LA MORA.**

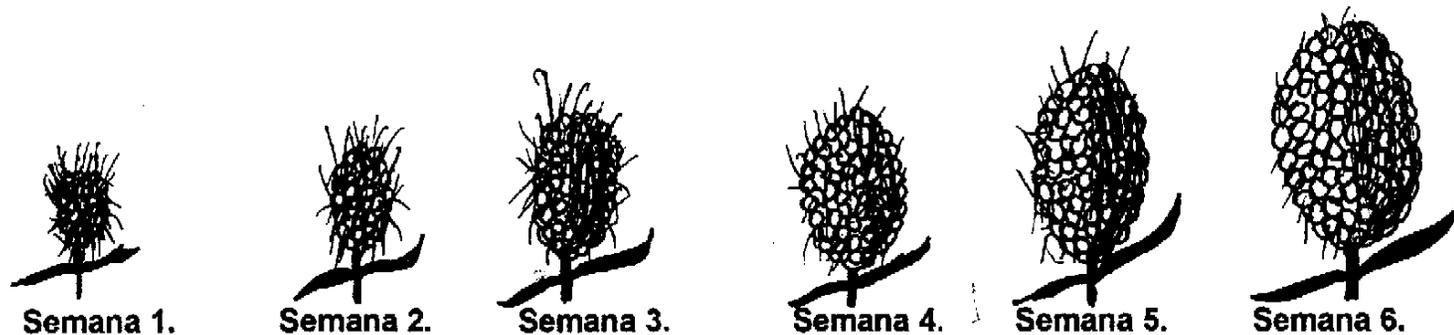
Con los registros semanales de incremento en las variables cuantitativas longitud, diámetro, volumen, y peso seco, se desarrolló el diagrama de crecimiento que se muestra en la figura 13.

A partir del mismo podemos concluir que el fruto de mora tiende a aumentar en longitud más que en diámetro debido a que la longitud promedio final de un fruto se encuentra en 2.81 cm mientras que el diámetro en 2.2 cm.

El incremento de volumen máximo en promedio en los cinco períodos estudiados fue de 7.79 cc; registrándose el mayor crecimiento en promedio entre la cuarta y sexta semana a una tasa de crecimiento de 3.5 cc/semana.

El peso seco que llega a tener el fruto de mora, en promedio es de 0.72 g. obtenido por los incrementos considerables de crecimiento de la última semana de desarrollo que corresponden a una tasa de crecimiento de 0.21 g/semana.

Figura 13. Diagrama del crecimiento del fruto de mora var. brazos. En Barberena, Santa Rosa.



**SEMANA DE DESARROLLO.**

<b>VOLUMEN:</b>	0.31 cc.	1.12 cc.	1.69 cc.	3.77 cc.	5.90 cc.	7.79 cc.
<b>DIÁMETRO:</b>	0.82 cm.	0.96 cm.	1.27 cm.	1.65 cm.	1.89 cm.	2.2 cm.
<b>LONGITUD:</b>	0.84 cm.	1.11 cm.	1.63 cm.	1.98 cm.	2.16 cm.	2.81 cm.
<b>PESO SECO:</b>	0.0507 g.	0.1123 g.	0.3055 g.	0.4558 g.	0.483 g.	0.72 g.

## 7. CONCLUSIONES.

1. El período desde apertura de flor hasta cosecha es 7 días más largo en la temporada de temperaturas bajas, octubre a diciembre, que en la temporada de temperaturas altas, marzo a mayo bajo las condiciones de Barberena, Santa Rosa.
2. El período de apertura de flor hasta cosecha es mayor cuando se dan temperaturas bajas y fotoperíodo corto, octubre a diciembre, que cuando se dan temperaturas altas y fotoperíodo largo, marzo a mayo bajo las condiciones de Barberena, Santa Rosa.
3. La variable dependiente días a la cosecha muestra un comportamiento cuadrático respecto a las variables independientes "grados día" y "grados día corregidas por el fotoperíodo" al ajustarlas a un modelo matemático.
4. Existe un efecto poco significativo del fotoperíodo al incluirlo como factor de corrección en la relación entre los grados día y los días a la cosecha.
5. El máximo crecimiento de frutos en las variables diámetro, longitud, y volumen se registró durante los períodos observados en la temporada de marzo a mayo, aunque el máximo crecimiento en peso seco, se registró durante los períodos de la temporada de octubre a diciembre.

## **8. RECOMENDACIONES.**

- 1. Continuar el estudio de las variables climatológicas, fotoperíodo y temperatura en otras regiones, para generar un modelo de predicción de los días a la cosecha en el fruto de mora a nivel nacional.**
  
- 2. Integrar las conclusiones de investigaciones ecofisiológicas, en las prácticas de manejo de cultivos, a saber, aplicación de fertilizantes, limpias o aplicaciones de reguladores de crecimiento en los momentos críticos del desarrollo del fruto que ya fueron identificados y evaluar sus posibles efectos en la planificación de la producción.**

## 9. BIBLIOGRAFÍA.

1. BARCELÓ, J. 1980. Fisiología Vegetal. Madrid, España, Pirámide. 750 p.
2. CONTRERAS, J. 1987. Estudio del crecimiento y rendimiento de Pinus caribea morlet en Machaquilá, Poptún, Petén. Tesis Ing. Ag. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía, 96 p.
3. CRUZ, J.R. DE LA. 1976. Clasificación de zonas de vida en Guatemala, a nivel de reconocimiento. Guatemala, Instituto Nacional Forestal. 22 p.
4. ESCOBAR, A. 1987. Estudio del crecimiento y rendimiento de Pinus maximoi en Jalapa. Tesis Ing. Agr. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía, 85 P.
5. FAO, (Italia). 1972. Base map. American geographical society. Roma, Italia. s.p.
6. FERNÁNDEZ, F. 1980. Crecimiento y etapas de desarrollo de la planta de arroz. Cali, Colombia. Centro Internacional de Agricultura Tropical. 28 p.
7. GARCIDUEÑAS, M. et al. 1979. Fisiología Vegetal Aplicada. México DF. Mc Graw Hill. 314 p.
8. GIL, M. 1988. Influencia de la intercepción de luz solar en el desarrollo de plántulas de Pinus moctezumae en almácigo. *Agrociencia (Mex)* No. 72: 55 -63.
9. GOLOMAZOVA, M. 1981. Curvas de fotosíntesis debidas a la luz y temperatura en especies de coníferas. *Soviet plant Species. (Siberia)*28 (2):25-55.
10. GUATEMALA. INSTITUTO GEOGRAFICO MILITAR. 1970. Mapa geológico de la República de Guatemala. Guatemala.

Sin publicar.

11. ———. INSTITUTO NACIONAL DE SISMOLOGÍA, VULCANOLOGÍA, METEOROLOGÍA E HIDROLOGÍA. Tarjetas de registros climatológicos: Años 1990-1994, Estación meteorológica Laguna del pino, Barberena.

Sin publicar.

12. ----- MINISTERIO DE AGRICULTURA, GANADERÍA Y ALIMENTACIÓN. PROYECTO PARA EL DESARROLLO DE LA FRUTICULTURA Y LA AGROINDUSTRIA. 1994. Cultivo de la mora. Guatemala. 24 p.
13. JUAREZ, C. 1986. Estudio del crecimiento de 12 especies de Bambú, bajo condiciones naturales durante la época lluviosa en 4 localidades de Guatemala. Tesis Ing. Agr. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía. 119 p.
14. LEOPOLD, C. 1964. Plant growth and development. E.E.U.U., Mc Graw Hill. 740 p.
15. LINCOYAN, P. 1989. Estadística. México DF., Mc Graw Hill. 192 p.
16. LÓPEZ, A. 1996. Estudio del efecto de adelantar la poda en mora sobre el período de producción, rendimiento y rentabilidad en 3 localidades del altiplano central de Guatemala. Tesis Ing. Agr. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía. 90 p.
17. PICHA, D. 1994. Guía para la producción de mora en Centro América. Louisiana. E.E.U.U., s.n. 80 p.
18. RIEDERMANN, P. 1975. Plant growth and development. Indiana, E.E.U.U. 545 p.
19. ROJAS, O. 1988. Estudio del crecimiento y el rendimiento de Pinus occarpa y Pinus pseudostrobus en San Martín Jil. Chimaltenango. Tesis Ing. Agr. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía. 70 p.
20. SALISBURY, B et al. 1994. Fisiología vegetal. Utah, E.E.U.U. 759 p.
21. TSVETROVA, I. 1980. Effects of light during growth of beets and carrots. Soviet Plant Physiology. (E.E.U.U.) 27(5): 778-775.
22. UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA. FACULTAD DE AGRONOMÍA. La constante térmica: guía de laboratorio del curso de agrometeorología. 18 p.  
  
Sin publicar.
23. ----- La radiación y los cultivos: guía de laboratorio del curso de agrometeorología. 18 p.  
  
Sin publicar.

24. ———. La Temperatura. guía del laboratorio del curso de agrometeorología. 63  
20 p.
25. URRUTIA, S. 1995. Mercado y cultivo de berries. Chile, Fundación Chile,  
departamento agroindustrial. 121 p.
26. VASILII, K. 1980. Agrometeorología tropical. Cuba, Instituto de meteorología,  
academia de ciencias de Cuba. 255 p.
27. VILLAFUERTE, H. 1987. Estudio del crecimiento y rendimiento de Pinus  
Oocarpa en San José la Arada, Chiquimula. tesis Ing. Agr. Guatemala,  
Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía. 75 p.

V. B.

Miriam De La Roca



**10. ANEXO.**

## REGISTRO DE DATOS SOBRE VARIABLES CUANTITATIVAS.

Período	Sema	Unida	Volumen cc			Diámetro cm			Largo cm			Peso Seco g			# día.
1	2	1	0.5	0.4	0.4	0.9	0.8	0.8	1.1	1	0.9	0.0643	0.0634	0.0551	
		2	0.3	0.5	0.5	0.8	0.9	0.8	0.9	0.9	1	0.0506	0.0626	0.0493	
		3	0.4	0.4	0.3	0.8	0.8	0.7	0.8	0.9	0.8	0.0499	0.0493	0.0314	
		4	0.5	0.5	0.5	1	0.9	0.9	1	1	1.1	0.0621	0.0661	0.0692	
		5	0.6	0.7	0.3	1	1.1	0.7	1.2	1.2	0.8	0.0642	0.077	0.0418	
		6	0.5	0.4	0.4	0.9	0.9	0.8	1	1.1	1	0.0706	0.074	0.0595	8
1	3	1	1	1.4	1.8	1.1	1.2	1.1	1.3	1.5	1.6	0.1398	0.1838	0.1298	
		2	1	1	1.2	0.9	1	0.9	1	0.9	1.1	0.0801	0.0996	0.104	
		3	1.2	1.2	1.4	1	1.2	1.1	1.1	1.3	1.2	0.1043	0.1938	0.117	
		4	1.6	1	1	1.1	1.2	1.1	1.4	1.5	1.3	0.1401	0.1679	0.1386	
		5	0.8	0.9	0.9	1	1	1	1.3	1.2	1.2	0.1718	0.1037	0.1219	
		6	1	0.6	1	1.1	0.8	0.9	1.2	0.5	1.2	0.1805	0.0694	0.1209	15
1	4	1	1.8	1.5	1.9	1.2	1.2	1.3	1.4	1.9	1.7	0.2692	0.2713	0.3219	
		2	2	2	2.3	1.4	1.4	1.4	1.8	1.7	1.9	0.3886	0.3462	0.4016	
		3	1.9	2	2.3	1.3	1.2	1.3	1.6	1.7	1.8	0.3196	0.3238	0.4225	
		4	2.1	2	1.9	1.4	1.2	1.4	1.8	1.8	1.8	0.4061	0.3053	0.3213	
		5	2.2	2.1	2	1.5	1.4	1.4	1.9	2.4	1.8	0.4442	0.4561	0.3762	
		6	2	1.3	1.6	1.1	1.5	1.2	1.6	1.4	1.8	0.3321	0.1823	0.3141	22
1	5	1	2.9	2	2.2	1.6	1.5	1.4	2.1	2.2	2	0.5157	0.5517	0.4595	
		2	2	2.8	3	1.5	1.6	1.7	1.8	1.9	2.3	0.3886	0.4643	0.5452	
		3	2.5	2.5	3.1	1.6	1.5	2	2.1	2	1.9	0.5079	0.4593	0.5542	
		4	2	3	3	1.6	1.6	1.7	1.9	2.2	1.9	0.3813	0.5324	0.4434	
		5	3.1	3.2	3.1	1.7	1.8	1.6	2.4	2.3	2.1	0.5717	0.5892	0.5165	
		6	3.1	4	2.4	1.9	1.8	1.7	2	2.2	1.8	0.4367	0.5606	0.3829	29
1	6	1	6.1	5.6	5.5	2.3	2	1.9	2.6	2.6	2.2	0.6113	0.7121	0.4481	
		2	5	6	5.1	2.2	1.8	2	2.3	2	2.4	0.5213	0.346	0.4358	
		3	4.5	4.1	4.7	2	2	2	2.5	2.4	2.4	0.4476	0.4558	0.4262	
		4	4	6	4	1.9	2.3	1.9	2.3	2.7	2.2	0.469	0.6202	0.6186	
		5	5	4.5	5.6	2	1.7	1.9	2.6	2.4	2.4	0.52	0.5881	0.5083	
		6	4	4.5	5.5	2.2	2.1	2	2.5	2.1	2.6	0.4561	0.3525	0.6408	36
2	2	1	0.2	0.2	0.2	0.5	0.5	0.5	0.6	0.7	0.6	0.0417	0.036	0.0365	
		2	0.3	0.2	0.3	0.6	0.6	0.6	0.6	0.7	0.5	0.029	0.0512	0.0269	
		3	0.2	0.2	0.5	0.5	0.5	0.6	0.6	0.8	0.8	0.0331	0.0616	0.0364	
		4	0.3	0.6	0.5	0.6	0.8	0.7	0.7	0.8	0.8	0.0768	0.0383	0.0584	
		5	0.3	0.4	0.3	0.8	0.9	0.9	0.7	0.8	0.6	0.0403	0.0451	0.029	
		6	0.2	0.4	0.4	0.5	0.7	1	0.5	0.8	0.9	0.0182	0.0606	0.0758	8
2	3	1	0.9	0.8	0.9	1.1	1	1	1.3	1.1	1.2	0.1388	0.1068	0.1516	
		2	1	0.8	0.8	1.1	1	0.9	1.1	0.9	1.1	0.1201	0.1952	0.1106	
		3	0.6	0.5	0.5	0.7	0.9	0.7	0.9	1	0.9	0.0864	0.079	0.0645	
		4	0.5	0.8	0.6	0.8	0.9	0.8	0.9	1	1	0.1218	0.0982	0.1063	
		5	0.5	0.6	0.6	0.7	0.9	0.7	0.8	1	0.7	0.0756	0.1202	0.056	
		6	0.7	0.9	0.6	1	0.9	0.9	1	1.4	1.2	0.1054	0.2193	0.148	15

				cc				cm						g		
2	4	1	1.3	1.5	1.1	1.1	1.1	1.1	1.4	1.4	1.4	0.2055	0.2083	0.1619		
		2	1.4	2	1.5	1.2	1.4	1.2	1.4	1.5	1.3	0.3428	0.2513	0.2475		
		3	1.5	2	1.5	1.2	1.4	1.2	1.4	1.5	1.3	0.3301	0.2643	0.2685		
		4	1.9	2	2	1.2	1.4	1.4	1.6	1.6	1.7	0.3507	0.3541	0.4133		
		5	2.3	1.8	1.9	1.4	1.2	1.3	1.7	1.3	1.4	0.36	0.1691	0.2541		
		6	1.8	1.5	2.1	1.2	1.1	1.3	1.5	1.2	1.5	0.2154	0.2599	0.3213	22	
2	5	1	2.5	2.8	3	1.7	1.7	1.6	1.9	1.8	2.1	0.5797	0.3646	0.4862		
		2	3	2.8	2	1.7	1.6	1.6	1.9	1.8	1.8	0.4586	0.4418	0.3823		
		3	3.5	3	3	1.7	1.6	1.7	2.1	1.7	1.8	0.3943	0.3709	0.4101		
		4	3.6	3	3	1.6	1.8	1.8	1.8	1.7	1.7	0.4278	0.4982	0.3841		
		5	2	3.1	2.1	1.5	1.8	1.5	1.7	2.1	1.8	0.3121	0.4972	0.366		
		6	2	3	2.2	1.5	1.7	1.5	1.7	2.1	1.8	0.4205	0.5578	0.404	29	
2	6	1	3	3.1	3.1	1.8	1.9	1.9	2	2.1	2.2	0.3963	0.4431	0.314		
		2	3	2.9	3	1.7	1.6	1.7	1.9	1.9	1.9	0.371	0.3723	0.427		
		3	3.2	3	3.1	1.7	1.7	1.8	2	1.8	1.9	0.2997	0.3294	0.2748		
		4	3	3.2	3.2	1.7	1.9	2	1.8	2	2.1	0.385	0.3411	0.2537		
		5	2.9	3.1	2.8	1.6	1.8	1.6	1.9	2	1.8	0.4047	0.3634	0.3487		
		6	2.8	2.9	3	1.7	1.7	1.9	1.7	1.8	2.1	0.36	0.3048	0.4726	36	

Peric	Sema	Unid	Volumen		cc	Diámetro		cm	Largo		cm	Peso		Seco	g	# día
3	1	1	0.4	0.4	0.3	0.9	0.8	0.8	1	1	0.9	0.0595	0.0382	0.0396		
		2	0.2	0.25	0.3	0.7	0.7	0.7	0.7	0.8	0.9	0.0523	0.0556	0.0556		
		3	0.2	0.4	0.3	0.6	0.8	0.7	0.6	0.9	0.8	0.0499	0.0493	0.0314		
		4	0.5	0.5	0.5	1	0.9	0.9	1	1	1.1	0.0621	0.0661	0.0692		
		5	0.6	0.7	0.3	1	1.1	0.7	1.2	1.2	0.8	0.0642	0.077	0.0418		
		6	0.5	0.4	0.4	0.9	0.9	0.8	1	1.1	1	0.0706	0.074	0.0595	8	
3	2	1	1	1.1	1.1	1.2	1.2	1.4	0.8	0.9	0.8	0.0808	0.1833	0.0977		
		2	0.9	0.9	1	0.8	1.1	1.4	0.5	0.6	1	0.1205	0.1271	0.0956		
		3	1.2	1.2	1.4	1	1.2	1.1	1.1	1.3	1.2	0.1043	0.1938	0.117		
		4	1.6	1	1	1.1	1.2	1.1	1.4	1.5	1.3	0.1401	0.1679	0.1386		
		5	0.8	0.9	0.9	1	1	1	1.3	1.2	1.2	0.1718	0.1037	0.1219		
		6	1	0.6	1	1.1	0.8	0.9	1.2	0.5	1.2	0.1805	0.0894	0.1209	16	
3	3	1	2.2	2.5	2.3	1.2	1.4	1.2	2.4	2.1	2	0.3201	0.2548	0.512		
		2	2.2	2.2	2	1.8	1.5	1.6	2.8	2	2.3	0.3555	0.3658	0.3014		
		3	2.1	2	2.3	1.2	1.1	1.6	2.3	2.2	2.4	0.4852	0.2545	0.3654		
		4	3.1	3	2.8	2.1	2	1.4	2.5	2.3	2.3	0.3584	0.4991	0.3011		
		5	2.2	2.1	2.5	1.9	1.5	1.9	2.8	2.9	2.7	0.4551	0.3222	0.4871		
		6	2.6	2.8	3	1.7	1.8	2.5	2.5	2.3	2.5	0.4874	0.2588	0.4779	22	
3	4	v			d			l			ps					
		1	6	5.3	5	2.1	1.8	1.7	2.6	2.4	2.5	0.5997	0.6139	0.645		
		2	3	5.2	3	2.1	1.9	1.9	2.1	2.4	2.3	0.5687	0.5314	0.3996		
		3	5	4.8	6	2	2.1	1.8	2.5	2.5	2.6	0.4781	0.4578	0.5771		
		4	5	5.2	3	1.9	1.8	1.6	2.4	2.1	2.3	0.4478	0.5324	0.4668		
		5	6	5.3	5	2	1.9	1.8	2.4	2.6	2.4	0.4897	0.4879	0.5165		
3	5	6	4.3	4.4	4.6	1.9	1.7	1.7	2.6	2.2	2.8	0.4367	0.5606	0.4872	29	
		1	9.5	8	8	2.4	2.3	2.2	3.1	2.5	2.9	1.0265	0.6821	0.678		
		2	8	8.5	9	2.2	2.4	2.3	3	3.1	2.9	0.765	0.7959	0.7309		
		3	8	8.1	9	2.1	2.2	2.3	3	2.8	3	0.7283	0.743	0.7825		
		4	7	7	8	2.3	2.2	2.2	2.6	2.7	3.2	0.711	0.7794	0.8532		
		5	7.5	6	7	2.1	2.1	2.1	2.6	2.6	2.8	0.7778	0.6069	0.649		
4	1	6	7	7.1	7.5	2.2	2.3	2.1	2.8	2.6	2.6	0.6623	0.642	0.7118	36	
		1	0.3	0.3	0.28	0.7	0.7	0.6	0.8	0.9	0.7	0.0417	0.0741	0.0385		
		2	0.3	0.35	0.3	0.6	0.8	0.6	0.7	0.8	0.8	0.0458	0.0512	0.0587		
		3	0.29	0.35	0.3	0.7	0.6	0.6	0.7	0.9	0.8	0.0331	0.0616	0.0364		
		4	0.35	0.4	0.3	0.7	0.8	0.7	0.7	0.8	0.8	0.0768	0.0647	0.0584		
		5	0.28	0.3	0.3	0.5	0.6	0.6	0.7	0.8	0.6	0.0403	0.0451	0.0587		
4	2	6	0.4	0.4	0.35	0.8	0.8	0.7	0.9	0.8	0.9	0.0587	0.0606	0.0758	8	
		1	1.3	1.2	0.9	1.1	1.1	0.9	1.2	1.6	1.1	0.1802	0.166	0.1051		
		2	1	1.2	1	0.9	1.2	0.9	1.1	1.5	1.1	0.1687	0.1654	0.1748		
		3	1	1.2	1.2	1	1.2	0.9	1.3	1.4	1.1	0.1658	0.1647	0.1632		
		4	1.2	1.3	1.4	0.9	1.2	1.3	1.3	1.5	1.6	0.1644	0.1666	0.1574		
5	1.2	1	1.3	0.8	0.9	1	1.3	1	1.4	0.1874	0.1744	0.1658				



Datos del año 1996 Oct. - Dic. °C				
Núm. día.	Temperaturas diarias, 6, 13 y 18 hrs.			media
1	19	29	20	22.67
2	22	27	20	23.00
3	19	26	21	22.00
4	20	23	21	21.33
5	20	23	20	21.00
6	21	23	20	21.33
7	20	22	19	20.33
8	19	24	20	21.00
9	19	23	20	20.67
10	19	23	21	21.00
11	20	23	20	21.00
12	20	22	20	20.67
13	18	24	22.5	21.50
14	19	24	20	21.00
15	18	23	21	20.67
16	19	25	23	22.33
17	18	24	22	21.33
18	16	27	20	21.00
19	16	25	18	19.67
20	17	24	22	21.00
21	15.5	27	21	21.17
22	19	27.5	22	22.83
23	19	26	21	22.00
24	18	29	23	23.33
25	16	29	19	21.33
26	19	30	21	23.33
27	16	30	20	22.00
28	16.5	25.5	20	20.67
29	14.5	25	24	21.17
30	14	25	15	18.00
31	13	26	16.5	18.50
32	13	26	17	18.67
33	17.5	24	19	20.17
34	19	24	19	20.67
35	18	26	20	21.33
36	18	25.5	21	21.50
37	20	26	20	22.00
38	18	20	19	19.00
39	18	25	18	20.33
40	18	26	20	21.33
41	16.5	26	19	20.50
42	18	26	18	20.67
43	13	25	19	19.00
44	15	28	19	20.67
45	18	26	19	21.00
46	19	29	20	22.67
47	13	25	19	19.00
48	12	26	18	18.67

49	13	27	21	20.33
50	14	28	17	19.67
51	12	29	19	20.00
52	13	25	20	19.33
53	13	27	21	20.33
54	15	26	20	20.33
55	15	26	20	20.33
56	12	26	21	19.67
57	12	27	19	19.33
58	13	28	19	20.00
59	12	27	17	18.67
60	14	25	21	20.00

**Datos del año 1997. Meses marzo a mayo.**

No. de día	Temperatura media °C
1	19.20
2	18.00
3	18.40
4	17.20
5	18.00
6	17.70
7	18.20
8	19.30
9	18.00
10	18.30
11	17.40
12	19.00
13	19.40
14	18.00
15	17.67
16	17.50
17	18.00
18	17.00
19	17.33
20	17.17
21	17.00
22	18.17
23	16.50
24	18.33
25	15.67
26	16.67
27	17.00
28	17.00
29	18.50
30	17.67
31	18.00
32	17.50
33	16.33
34	15.83
35	15.67
36	17.17
37	15.50
38	16.00
39	17.00
40	16.17
41	16.00
42	15.83
43	16.00
44	16.67
45	16.67
46	16.67
47	17.17
48	16.83
49	19.00
50	17.33
51	17.50
52	18.50

53	18.17	°C
54	17.83	
55	16.67	
56	17.00	
57	16.67	
58	16.00	
59	16.33	
60	16.33	
61	16.33	
62	16.17	
63	16.00	
64	18.00	
65	16.33	
66	17.33	
67	17.17	
68	17.33	
69	18.95	



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
 FACULTAD DE AGRONOMIA  
 INSTITUTO DE INVESTIGACIONES  
 AGRONOMICAS

Ref. Sem.003-98

LA TESIS TITULADA: "EFECTO DE LA TEMPERATURA Y HORAS LUZ EN LOS DIAS A LA COSECHA DEL FRUTO DE MORA (Rubus sp.) EN EL MUNICIPIO DE BARBERENA, SANTA ROSA".

DESARROLLADA POR EL ESTUDIANTE: LUIS ALFONSO GALVEZ BARRIOS

CARNET No: 92-10226

HA SIDO EVALUADA POR LOS PROFESIONALES: Ing. Agr. José Humberto Calderón Díaz  
 Ing. Agr. Víctor Manuel Alvarez Cajas  
 Ing. Agr. Marco Tulio Aceituno Juárez

Los Asesores y las Autoridades de la Facultad de Agronomía, hacen constar que ha cumplido con las normas Universitarias y Reglamentos de la Facultad de Agronomía de la Universidad de San Carlos de Guatemala.

Ing. M.Sc. Waldemar Nufio Reyes  
 ASESOR

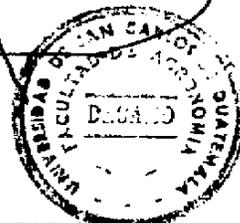
Ing. M.Sc. Edgar O. Franco Rivera  
 ASESOR

Ing. Agr. Fernando Rodríguez  
 DIRECTOR DEL II



I M P R I M A S E

Ing. Agr. Rolando Lara Alecio  
 DECANO



cc: Control Académico  
 Archivo  
 FR/prr.

APARTADO POSTAL 1545 • 01091 GUATEMALA, C. A.

TELEFONO: 769794 • FAX: (5022) 769770