

## **Artículo de investigación**

### **Aspectos fisiológicos del árbol de duraznero relacionados con su manejo agronómico en la Provincia de Pamplona**

Physiological aspects of the peach tree related to agronomic management in the province of Pamplona

**Quevedo García Enrique<sup>1</sup>; Zuleta Walter Eliecer<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Profesor Asociado PhD. Departamento de Agronomía, Universidad de Pamplona. km 1 vía Bucaramanga Pamplona, Norte de Santander. Grupo de investigación en Agricultura y Ganadería Sostenible (GIAS) línea de investigación fisiología de cultivos y sanidad vegetal. Correo: [enriquegarcia@unipamplona.edu.co](mailto:enriquegarcia@unipamplona.edu.co). <sup>2</sup>Profesor Tiempo Completo Ocasional. MSc. En Ciencias Agrarias. Departamento de Ingeniería Agronomía, Universidad de Pamplona. km 1 vía Bucaramanga Pamplona, Norte de Santander. Correo: [walelzuze@hotmail.com](mailto:walelzuze@hotmail.com).

#### **RESUMEN**

Durante el año 2009 y 2010 en la Provincia de Pamplona Colombia, se realizó un estudio para determinar los aspectos fisiológicos que incidían sobre la producción de durazno. El objetivo general fue evaluar el desarrollo, crecimiento y el rendimiento agronómico del duraznero variedad Amarillo Criollo (*P. persica* (L). Batsch) en cinco localidades en la Provincia de Pamplona. En el cultivo de duraznero se deben conocer las fases fenológicas, los grados calor día acumulado y los índices de crecimiento TAN, TRC e IAF para comprender los niveles de producción del cultivo. Para el análisis clásico de crecimiento se utilizaron las fórmulas de Hunt. Se utilizó el modelo Neild y Seeley:  $T_d = T_{med} - T_b$  para hallar los grados días calor que fueron mayores durante el 2010 por el fenómeno del niño. Las anteriores variables dependientes (XY), fueron usadas para construir la curva en función del tiempo. La producción total resulta de sumar la producción resultante de las siguientes calidades de fruto: Especial, Primera, Segunda, Industria, Riche. El rendimiento agronómico del duraznero puede ser explicado en parte por las siguientes variables ANH: Ancho de la hoja; AF: Área de la hoja; DIAECUFRU: Diámetro ecuatorial del fruto; DIALOFRU : Diámetro longitudinal del fruto; DIARA: diámetro de la rama; IR : Índice de redondez; LARH: Largo de la hoja; LORA: Longitud de la rama; LARXANH: Largo por ancho de la hoja; NHO: Número de hojas activas de la hoja; PFF: Peso fresco total del fruto; PSF: Peso seco total del fruto. El R cuadrado del modelo completo estuvo entre comprendido entre 0,58 a 0,74.

**Palabras clave:** *Prunus*, fisiología vegetal, componente de rendimiento, grados calor día.

#### **ABSTRACT**

During 2009 and 2010 in the Province of Pamplona Colombia, a study was carried out to determine the physiological aspects that affected peach production. The general objective was to evaluate the development, growth and agronomic performance of the peach variety Amarillo Criollo (*P. persica* (L). Batsch) in five locations in the Province of Pamplona. In peach cultivation, the phenological phases, the accumulated heat degrees and the growth rates TAN, TRC and IAF must be known to understand the production levels of the crop. For the classical growth analysis, the Hunt formulas were used. The Neild and Seeley model was used:  $T_d = T_{med} - T_b$  to find the degrees of hot days that were higher during 2010 due to the phenomenon of the child. The previous dependent variables (XY) were used to construct the curve as a function of time. The total production results from adding the production resulting from the following fruit qualities: Special, First, Second, Industry, Riche. The agronomic performance of the peach tree can be explained in part by the following ANH variables: Leaf width; AF: Leaf area; DIAECUFRU: Equatorial diameter of the fruit; DIALOFRU: Longitudinal diameter of the fruit; DIARA: diameter of the branch; IR: roundness index; LARH: Length of the blade; LORA: Length of the branch; LARXANH: Length by width of the sheet; NHO: Number of active leaves of the leaf; PFF: Total fresh weight of the fruit; PSF: Total dry weight of fruit. The R squared of the complete model ranged from 0.58 to 0.74.

**Keywords:** *Prunus*, plant physiology, yield component, degree heat days.

Recibido: 02-09-2020

Aceptado: 10-11-2020

Publicado: 15-12-2020

Autor de correspondencia: Quevedo García Enrique.  
Universidad de Pamplona, Facultad de Ciencias Agrarias,  
Pamplona, Norte de Santander, Colombia, correo:  
[enriquegarcia@unipamplona.edu.co](mailto:enriquegarcia@unipamplona.edu.co)

## Introducción

Es importante entender el comportamiento del crecimiento de plantas cultivadas (ramas, frutos, hojas) que tiene su énfasis recientemente sobre los siguientes contextos ecológicos (Quevedo, 2002):

1) Las plantas en medios ambientes, con pobres recursos (luz, agua y nutrientes) tienden a tener tasas relativas más bajas que las plantas provenientes de ambientes más ricos en recursos siempre que haya condiciones de alta disponibilidad de recursos, las bases para esta inherente limitación no son conocidas, y este fenómeno requiere estudios del costo y control del crecimiento bajo condiciones de las fincas de los campesinos.

2) No se sabe por qué las tasas relativas de crecimiento determinan la biomasa producida por planta (tamaño) en algunos puntos del tiempo, ya que algunos fenómenos ecológicos dependen del tamaño (por ejemplo, la competencia), la maduración y el rendimiento reproductivo, por eso los estudios de crecimiento pueden proporcionar bases ambientales para entender aspectos de la demografía de las plantas (arreglo espacial, etc.).

3) El conocimiento a la escala de micro – ambientes, la formación de nuevo tejido para crecer en tamaño (biomasa) jerarquizada en poblaciones tiene importancia e implicaciones evolutivas por los controles que generan dicha jerarquización, los cuales también no son conocidas.

4) Las interpretaciones ecológicas de las características fotosintéticas con frecuencia suponen una conexión entre la capacidad fotosintética y el crecimiento de las plantas de duraznero.

Uno de los factores limitantes en la producción de material seco que podrían ser provechosamente investigados es el que tiene que ver con la fracción del CO<sub>2</sub> reducido utilizado para construir nuevos dispositivos fotosintéticos es decisivo y concluyente en la productividad, incluso algunas veces supera factores tales como la disponibilidad del agua. La selección de plantas con una apropiada y elevada capacidad de crecimiento puede tener más efecto sobre la fotosíntesis total y la productividad del cultivar que la selección de cualquier otro carácter (Carlson, 1990).

La sincronización del crecimiento y de almacenamiento, de las fases propias del desarrollo, con los cambios de estaciones también es muy importante al determinar la productividad. Por ejemplo, un estadio precoz de crecimiento exponencial, seguido por uno tardío en el cual el almacenamiento predomina, casi siempre redundará en una productividad mayor que un reparto equitativo de los productos fotosintéticos entre desarrollo y almacenamiento, especialmente si las condiciones para un crecimiento elevado son fugaces. Por estas razones, conocer la fisiología del crecimiento y del desarrollo es tan pertinente para la producción de la biomasa como es la fisiología de la fotosíntesis. Esto es especialmente cierto respecto al rendimiento de productos útiles. El rendimiento óptimo difícilmente resultaría siempre coherente con la

productividad máxima (son una excepción los cultivos forrajeros) pero el rendimiento es, no obstante, dependiente de la productividad. Por lo tanto, el rendimiento está supeditado doblemente a los eventos del desarrollo (Escala fenológica) (Carlson, 1990).

## Materiales y métodos

### *Características de las fincas experimentales*

Para la selección de las fincas experimentales se tuvo en cuenta la posición georeferenciada de los árboles, la edad del cultivo que se debió ubicar entre los cuatro y seis años y se trabajo con duraznero (*P. persica* (L) Batsch cv Amarillo criollo). Las fincas se seleccionaron en los municipios de Pamplona, Pamplonita, Silos, Chitaga y Cacota. Una vez seleccionadas las fincas se tomo al azar cinco árboles y de ellos se tomaron los datos de las ramas, hojas y frutos seleccionados, las características se muestran en la Tabla 1 y Tabla 2.

Tabla 1. Ubicación de los sitios de estudio

Municipio	Vereda	Finca	Altura msnm
Pamplona	Chíchira	Las delicias	2170
Pamplonita	Hoja ancha	Campo dos	1860
Chitagà	Siagà	Hato viejo	2150
Cácota	Icota	El prado	1850
Silos	Tutepa	La palmita	1890
	baja		

Tabla 2. Edad del cultivo y distancias de siembra

Finca	Edad (años)	Distancia de siembra (m)
Las delicias	4	9 x 9
Campo dos	4	8 x 8
Hato viejo	8 y seis meses	6 x 6
La palmita	4 y nueve meses	7 x 7
El prado	5 años y seis meses	7 x 7

### *Determinación de los índices morfo fisiológicos de crecimiento*

Después de la defoliación de los árboles, se seleccionó un árbol de los cinco árboles de cada parcela para medir la materia seca y el área foliar. Se tomó una muestra representativa al azar de 30 hojas adultas, se le halló el área foliar a las 30 hojas en un Scanner foliar. Las 30 hojas se secaron en el horno de circulación forzada de aire durante 72 horas y a una temperatura de 60 °C para obtener el peso seco constante de las hojas. Para determinar el análisis clásico de crecimiento se utilizaron las fórmulas de Hunt (1988) y (1990).

$$IAF = \frac{\Sigma \text{Área foliar (m}^2\text{)}}{\text{Área foliar de suelo (m}^2\text{)}}$$

$$TRC = TAN \times RAF$$

TRC: Tasa relativa de crecimiento, TAN: Tasa de asimilación neta, RAF: Razón de área foliar

Unidades: g.g<sup>-1</sup>.día<sup>-1</sup>

$$TAN = \frac{(\text{Loge}AF_2 - \text{Loge}AF_1)(P_2 - P_1)}{(AF_2 - AF_1)(T_2 - T_1)}$$

Donde:

LogeAF<sub>2</sub>: Logaritmo natural área foliar, LogeAF<sub>1</sub>: Logaritmo natural área foliar, P<sub>2</sub>: Peso seco dos, P<sub>1</sub>: Peso seco uno, AF<sub>2</sub>: Área foliar dos, AF<sub>1</sub>: Área foliar uno, T<sub>2</sub>: Tiempo dos, T<sub>1</sub>: Tiempo uno. Unidades: g.m<sup>-2</sup>.día<sup>-1</sup>

$$TCC = IAF \times TAN$$

TCC: Tasa de crecimiento del cultivo, IAF: Índice de área foliar, TAN: Tasa de asimilación neta. Unidades: g.m<sup>-2</sup>.día<sup>-1</sup>

#### *Determinación de grados calor día (GCD)*

Se tomaron los datos de las temperaturas diarias mínimas a las 7 am y máximas a la 1 pm, utilizando la estación climatológica satelital ubicada en la Universidad de Pamplona. Con las respectivas temperaturas máximas y mínimas mensuales, se determinaron las temperaturas medias mensuales, para cada una de las fases fenológicas de reposo vegetativo o senescencia de los árboles hasta la fase de producción del cultivo de duraznero para cada una de las parcelas en estudio, se utilizó como temperatura base (T<sub>b</sub>) para el cultivo de duraznero el valor de 4,5°C. La temperatura base o cardinal por la cual debajo de esta no hay actividad fisiológica en la planta. Los grados calor día no pueden ser negativos, siempre que la temperatura está por encima de 4,5°C hay acumulación de calor. Se utilizó el modelo (Neild y Seeley, 1977): T<sub>d</sub> = T<sub>med</sub> - T<sub>b</sub> donde T<sub>med</sub>: Temperatura media, T<sub>b</sub>: Temperatura base.

#### *Análisis de los componentes de rendimiento*

La producción en kilogramos de duraznos se cuantifica al final de los distintos ciclos de producción para cada uno de los árboles seleccionados de las cinco fincas. La producción total resulta de sumar la producción resultante de las siguientes calidades de fruto: Especial, Primera, Segunda, Tercera, Riche y Pica. Análogamente, se cuantificó el número total de frutos producidos por cada uno de los árboles seleccionados de cada una de las cinco fincas de estudio. El número total de frutos se agrega sumando el número de frutos producidos en cada árbol de las distintas calidades de fruto. Se propuso elaborar un modelo estadístico para pronosticar el número de frutos y la producción en kilogramos de un árbol dada ciertas características que pueden medirse en un tiempo determinado. Al respecto hay que tener en cuenta las siguientes consideraciones:

Se dispuso de variables del fruto, de la rama, de la hoja y se puede hacer un seguimiento del peso promedio de un fruto en un árbol. Las variables que se dispusieron se midieron a lo largo del tiempo (teniendo como referencia los días después de la defoliación), sin embargo el tiempo en que se recolecta la información de las distintas variables varía de finca en finca y no es igual en todas las variables. Las dos variables que se modelaron (variables dependientes) fueron el número de frutos producidos por árbol y la producción en kilogramos del fruto por árbol. Estas dos variables fueron medidas una vez al final del ciclo de producción. Es deseable contar con un modelo que permite pronosticar cuanto será la producción en un tiempo dado (un número determinado de días después de la defoliación). Las siguientes variables se utilizan para la elaboración del modelo de producción:

Variables del fruto: índice de redondez, diámetro ecuatorial del fruto, diámetro longitudinal del fruto, peso seco del fruto y peso fresco del fruto. Las siguientes variables no se consideraron en el estudio: peso fresco hueso, peso fresco pulpa, peso seco hueso, peso seco pulpa puesto que son variables que constituyen el peso fresco y/o el peso seco las cuales precisamente son las variables que se quieren modelar.

Variables de la rama: longitud de la rama, diámetro de la rama, perímetro medio de la rama.

El perímetro medio de la rama es sólo utilizado para el modelo del ciclo tres, puesto que no se encuentran mediciones disponibles para la finca Campo Dos para dicha variable por lo cual se perdería una fracción muy considerable de información para la elaboración de los modelos.

Variables de la hoja: número de hojas activas, ancho de la hoja, largo de la hoja, largo por ancho de la hoja y área de la hoja.

Para resolver el inconveniente de disponer de información en distintas variables del tiempo se utilizó la técnica conocida como regresión local polinomial para interpolar los distintos valores a lo largo del tiempo. Lo anterior se realizó para cada uno de los árboles seleccionados aleatoriamente de cada una de las fincas, por supuesto que se distinguen los distintos ciclos de producción.

## **Resultados y discusión**

### *Índices morfofisiológicos de crecimiento*

En La finca Campo Dosel el índice de área foliar durante el ciclo del 2010 presentó un ajuste de cuarto grado polinomial y con valores cercanos a 6. La finca el Prado el (IAF) presentó un ajuste de quinto grado polinomial y con valores cercanos a 7, en la finca El Prado fue mayor que el conseguido en la finca Campo Dos, en cultivos con edades similares. La finca Hato Viejo el Índice de área foliar presentó un ajuste de quinto grado polinomial y con valores cercanos 5, menor al obtenido en Pamplonita y Cácuta por el manejo agronómico que se le dio ya que en esta finca está asociado al cultivo de Brevo (*Ficus carica*). La finca La

Palmita el (IAF) presentó un ajuste de cuarto grado polinómica y con valores cercanos a 6, similar a los obtenidos

en Pamplonita mayor al de Chitagá y menor de Cácota como se muestra en la figura 1.

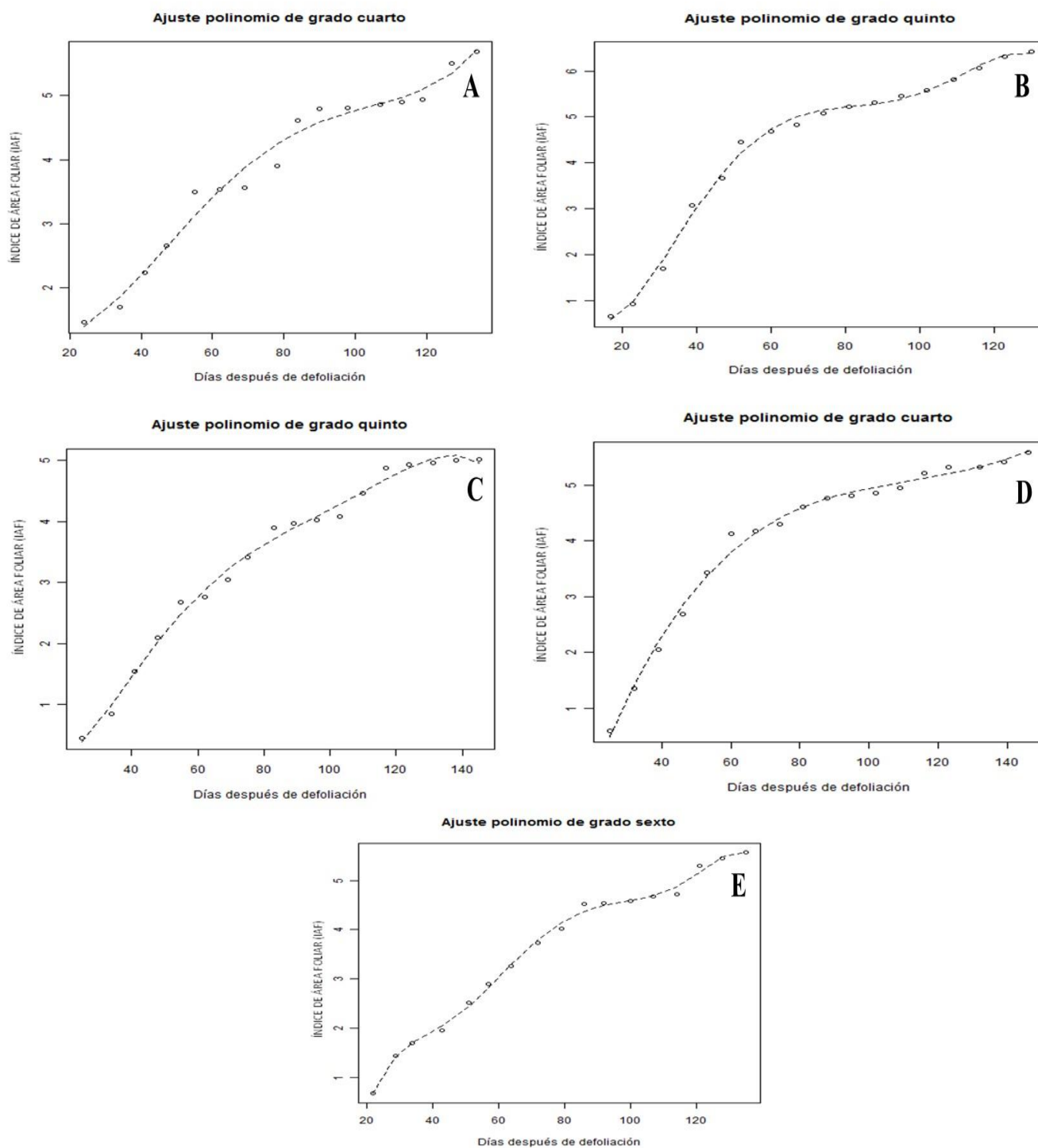


Figura 1. Curvas de crecimiento Índice de área foliar ciclo III, en las plantas de durazno, en cinco localidades en la Provincia de Pamplona. A. Campo Dos. B. El Prado. C. Hato Viejo. D. La Palmita. E. Las Delicias.

Este valor se puede explicar en parte porque los árboles en la Palmita están obteniendo hasta su madurez productiva. La finca Las Delicias el IAF presentó un ajuste de sexto grado polinómica y con valores cercanos a 6. En Pamplona fue similar a los obtenidos en Pamplonita, Chitagá, Silos y menor al obtenido en Cácuta. En el ciclo 2010 se observó que el rango del Índice de área foliar en todas las fincas estudiadas está por encima de 3 lo cual se considera óptimo para obtener altos rendimientos agronómicos en el cultivo. Lo que demostró que un IAF óptimo es determinante en la obtención de una gran cantidad de materia seca total por área, principalmente antes de que el cultivo presente el estado de prefloración, como lo indica otros autores para otras especies (Corley *et al.*, 1971) además representa la suma de la totalidad de las superficies de las hojas existentes en un área de suelo (Montaldi, 1995). El área foliar en plantas de duraznero menores de 8 años fue durante los tres ciclos 1,27 m<sup>2</sup> para producir un kg de fruto y el índice de área foliar promedio de 2,94 y el área foliar en plantas mayores de 8 años fue durante los tres ciclos de 0,78 m<sup>2</sup> para producir un kg de fruto y el índice de área foliar promedio fue de 4,24 es decir, se confirma que la actividad fotosintética de las plantas jóvenes es mayor al presentar una fuente de fotoasimilados mayor, que en las plantas más viejas que presentan de todas maneras un proceso de compensación fisiológica al presentar mayor índice de área foliar que las jóvenes. El tamaño del área foliar, además de generar carbohidratos, para el llenado del fruto, es responsable del volumen de la corriente de transpiración, y a su vez este es responsable de la oferta de agua y elementos móviles e inmóviles para el normal desarrollo del fruto. Por último, se estimó un modelo de regresión lineal con intercepto, que explica el área foliar necesaria para producir un kg de fruto de duraznero en un 60 % como resultado de área foliar en m<sup>2</sup>, área de la copa en m<sup>2</sup> y kg de producción por árbol y corresponde a la siguiente ecuación: el área foliar en m<sup>2</sup> necesaria para producir un kg de fruto es igual =  $1,0253586 + 0,0032123 \text{ Área foliar en m}^2 + 0,0145414 \text{ área de la copa en m}^2 + 0,0058082 \text{ kg de producción por árbol}$ .

La tasa de asimilación neta (TAN) representa la actividad fotosintética de la fuente de la planta y nos indica la actividad de la fuente, es decir, es el índice de productividad de la biomasa de la planta en función del área foliar. En la finca Campo Dos el índice de la eficiencia productiva presentó una función polinómica de grado cuarto diferente al grado sexto obtenido en el segundo ciclo, y los mayores valores al inicio cuando es el determinante del rendimiento agronómico e indica la actividad fotosintética de la fuente (área foliar) y sus menores valores al final indica que el rendimiento agronómico está determinado por el IAF. Hay una disminución de su valor a los 80 DDF (días después de la floración) debido al proceso de endurecimiento del cuezco del fruto que presenta durante su crecimiento una curva doble sigmoidea de crecimiento. La finca El Prado tuvo una función polinómica de grado sexto diferente al grado cuarto que se presentó durante el ciclo dos, y presentó los mayores valores al inicio cuando es el determinante del rendimiento

agronómico que indica la actividad fotosintética de la fuente (área foliar) y sus menores valores al final, cuando el determinante del rendimiento agronómico es el IAF, hay una disminución de su valor a los 70 DDF debido al proceso de endurecimiento del cuezco del fruto que presenta una curva de crecimiento de doble sigmoidea. La finca Hato Viejo se comportó como una función polinómica de grado sexto diferente al grado cuarto obtenido durante el ciclo dos, y los mayores valores al inicio cuando es el determinante del rendimiento agronómico e indica la actividad fotosintética de la fuente (área foliar) y sus menores valores al final, se muestra cuando el determinante del rendimiento agronómico es el IAF. La finca La Palmita tuvo un comportamiento de una función polinómica de grado sexto diferente al grado quinto obtenido durante el segundo ciclo y los mayores valores al inicio cuando es el determinante del rendimiento agronómico e indica la actividad de la fotosintética de la fuente (área foliar) y presentó sus menores valores al final cuando el determinante del rendimiento agronómico es el IAF. La finca Las Delicias también se comportó como una función polinómica de grado cuarto al igual que en el segundo ciclo, y presentó los mayores valores al inicio cuando es el determinante del rendimiento agronómico e indica la alta actividad fotosintética de la fuente (área foliar) y sus menores valores al final cuando el determinante del rendimiento es el IAF. El comportamiento de la TAN se debió que el año 2010 fue seco, las temperaturas altas durante este ciclo a principio del año las temperaturas fueron mayores que en el ciclo de 2009, por esta razón las variables de la TAN tuvo un decrecimiento más acentuada en el 2010 tal como se muestra en la figura 2, debido a las temperaturas altas en el ciclo de 2010.

Con respecto a la tasa relativa de crecimiento (TRC) en la finca Campo Dos presentó un comportamiento ajustado a una función polinómica de grado cuarto diferente al grado sexto encontrado en el ciclo dos, nos indica la carga y descarga del sistema del floema, al principio hay una alta descarga que se orienta hacia el crecimiento del fruto. La finca El Prado se ajustó a una función polinómica de grado sexto, al igual que en el segundo ciclo, nos indica la carga y descarga del sistema del floema. La finca Hato Viejo tuvo un comportamiento a una función polinómica de grado quinto al igual que en el ciclo dos, nos indica la carga y descarga del sistema del floema, al principio hay una alta descarga que se orienta hacia el crecimiento del fruto. La finca La Palmita se ajustó a una función polinómica de grado cuarto, nos indica en forma general la carga y descarga del sistema del floema, las descargas se presentaron entre los 20 DDF hasta los 60 DDF y luego hay una leve carga entre los 69 hasta los 90 DDF, una última descarga del floema a los 130 DDF, y 20 días antes de la cosecha. La finca Las Delicias presentó un comportamiento ajustado a una función polinómica de grado sexto, diferente al grado cuarto hallado en el ciclo dos, nos indica la carga y descarga del floema, al principio del ciclo hay una alta descarga que se orienta hacia el crecimiento del fruto. Se debió a que en el 2010 las temperaturas fueron altas, al principio del año hubo mayores temperaturas que en el



ciclo de 2009, por esta razón se observó la variable del TRC una mayor disminución, en Campo Dos, El Prado, La Palmita, Hato Viejo y Las Delicias en el ciclo

correspondiente al año 2010 tal como se muestra en la figura 3.

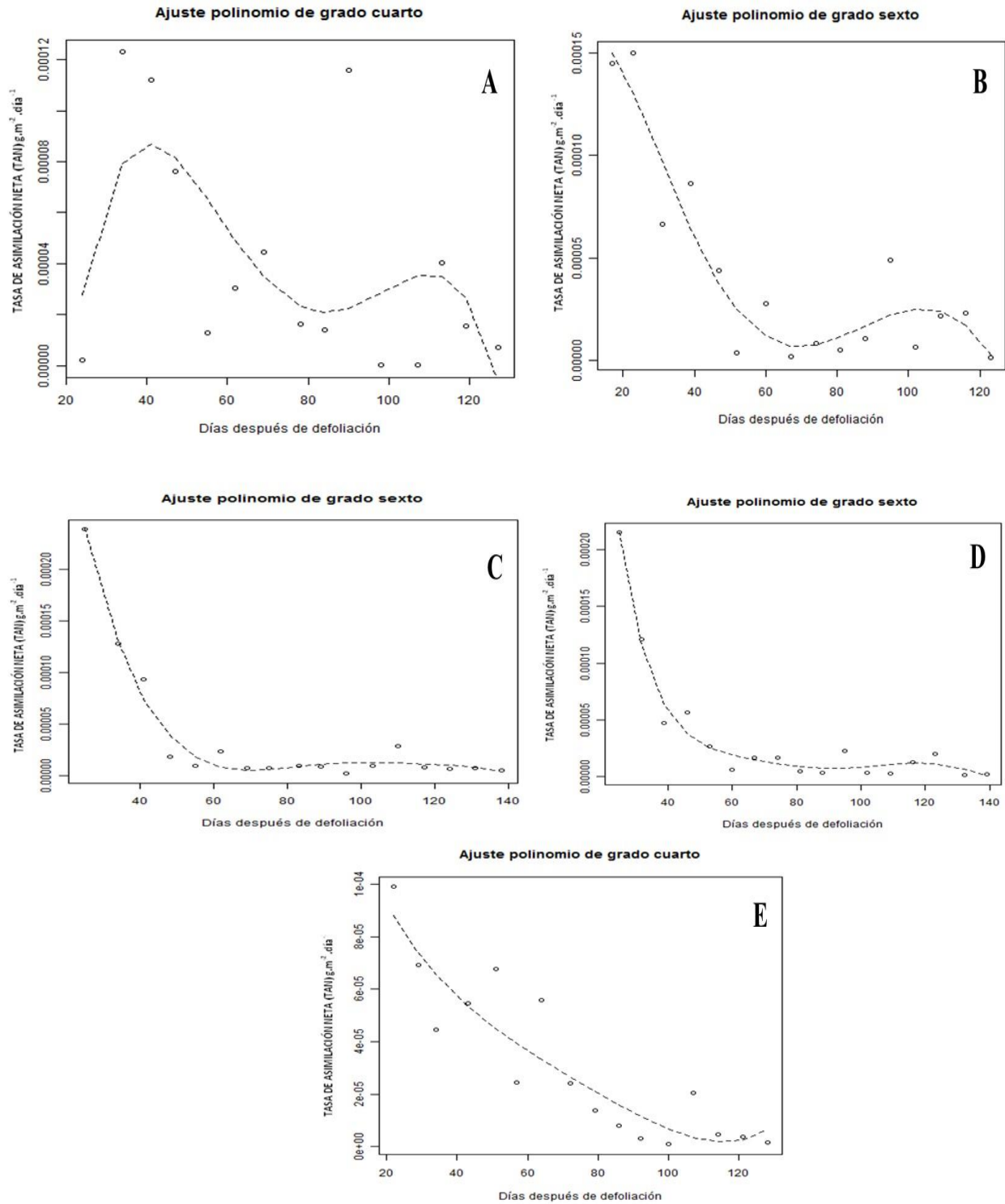


Figura 2. Curvas de crecimiento Tasa de asimilación neta ciclo 2010, en plantas de durazno en cinco localidades en la Provincia de Pamplona. A. Campo Dos. B. El Prado. C. Hato Viejo. D. La Palmita. E. Las Delicias.

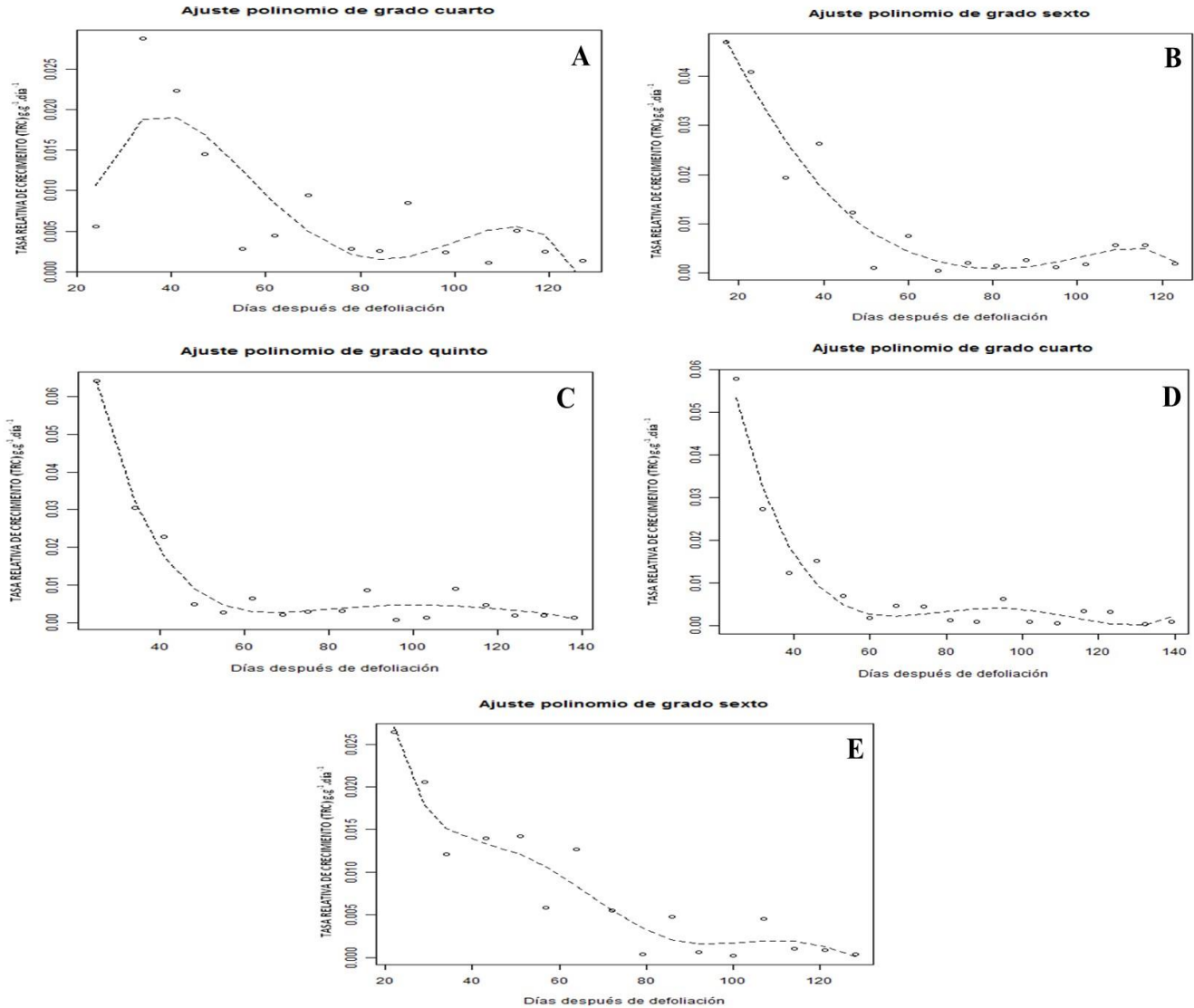


Figura 3. Curvas de tasa de crecimiento relativo en el año 2010, en plantas de durazno en cinco localidades en la Provincia de Pamplona. A. Campo Dos. B. El Prado. C. Hato Viejo. D. La Palmita. E. Las Delicias.

#### Grados días calor

A una temperatura umbral mínima ( $T_b$ ), determinada genéticamente para cada organismo, el desarrollo no ocurre. Sobre dicha temperatura, el desarrollo se incrementa hasta llegar a un pico o intervalo, donde la velocidad del desarrollo es máxima ( $T_o$ ). A partir de allí el desarrollo decrece nuevamente hasta llegar a ser nulo en una temperatura umbral máxima ( $T_u$ ) (Arnold, 1959). En las fincas la temperatura base fue de  $4,5\text{ }^\circ\text{C}$  y hay acumulación de grados calor cuando la temperatura media ésta por encima de dicho valor como se muestra en las figuras 4 y 5.

En la finca Campo Dos de Pamplonita los grados calor día desde la fase de formación del fruto y maduración del fruto fue de 2200, las temperaturas promedio mensuales fueron de  $11,1\text{ }^\circ\text{C}$  durante los meses de noviembre y diciembre de 2009 y desde enero hasta mayo de 2010. En la finca El Prado de

Cacota los grados calor día desde la fase de formación del fruto y maduración fue de 2500 y el promedio mensual de la temperatura durante los meses junio a mayo fue de  $15,0\text{ }^\circ\text{C}$  en el ciclo de 2009. En la finca Hato Viejo de Chitaga lo grados calor día desde la fase de formación del fruto y maduración del fruto la acumulación de grados calor día fue de 2500, y durante los meses de febrero a agosto el promedio de las temperaturas mensual fue de  $13,7\text{ }^\circ\text{C}$  en el año 2009. En la finca La Palmita de Silos la acumulación de grados calor día durante la fase de formación del fruto y maduración del fruto fue de 2000 gados calor día y las temperaturas promedio mensuales fueron de  $14,0\text{ }^\circ\text{C}$ , en los meses de abril a mayo de 2009. En la finca Las Delicias los grados calor día durante la fase de formación del fruto y maduración fue de 2500, y las temperaturas promedio de los meses marzo a septiembre de 2009 fue de  $13,3\text{ }^\circ\text{C}$ . Por otro lado, debido a

las mayores lluvias durante el 2009, condujeron a que los valores de grados calor día fueran menores a los obtenidos durante el 2010, lo que nos indica que durante el 2009 el ciclo del cultivo se demoró más tiempo para entrar en Producción.

Tal como se muestra en la figura 5, durante el 2010 en la finca Campo Dos de Pamplona los grados calor día durante la fase de formación del fruto y maduración del fruto, fue de 3000, las temperaturas promedio mensuales en los meses de agosto a diciembre de 2009 y enero a febrero de 2010 fueron de 17,9 °C. En la finca El Prado de Cacota los grados calor día durante la fase formación del fruto y maduración del fruto, fue de 2900, y las temperaturas promedio mensual estuvo desde los meses de octubre a diciembre de 2009 y enero a abril de 2010 fue de 17,9 °C. En la finca Hato Viejo de Chitaga, los grados calor días durante la fase de formación del fruto y maduración del fruto, fue 2400, las temperaturas

promedio mensuales durante los meses de noviembre a diciembre de 2009 y enero a mayo de 2010, fue 15,5 °C. En la finca La Palmita de Silos los grados calor día durante la fase deformación del fruto y maduración del fruto, los árboles de durazno acumularon 2600 grados calor día, y las temperaturas promedio mensuales desde enero a julio de 2010 fueron de 17,2 °C. En la finca Las Delicias de Pamplona los grados calor día durante la fase de formación del fruto y maduración del fruto, la acumulación fue de 2800 grados calor día, donde las temperaturas promedio mensual durante los meses de diciembre de 2009 y enero a junio de 2010 fue de 15,2 °C. Donde hubo mayores producciones fue en la finca El Prado y Campos Dos que acumularon 2900 y 3000 grados calor día respectivamente y donde menor producción fue en Chitagá donde se acumularon 2400 grados calor día.

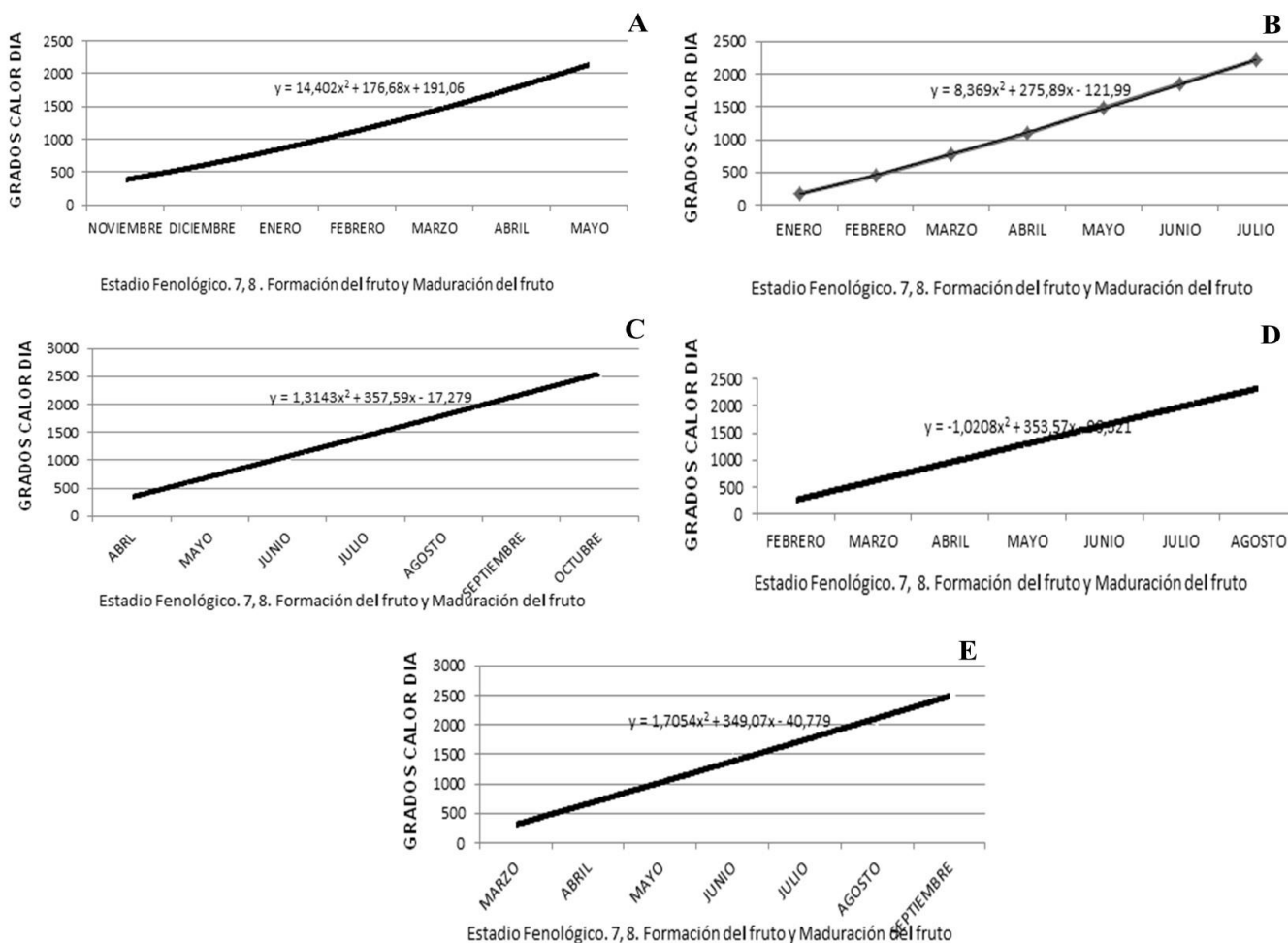


Figura 4. Grados calor día durante el 2009, en plantas de durazno en cinco localidades en la Provincia de Pamplona. A. Campo Dos. B. El Prado. C. Hato Viejo. D. La Palmita. E. Las Delicias.



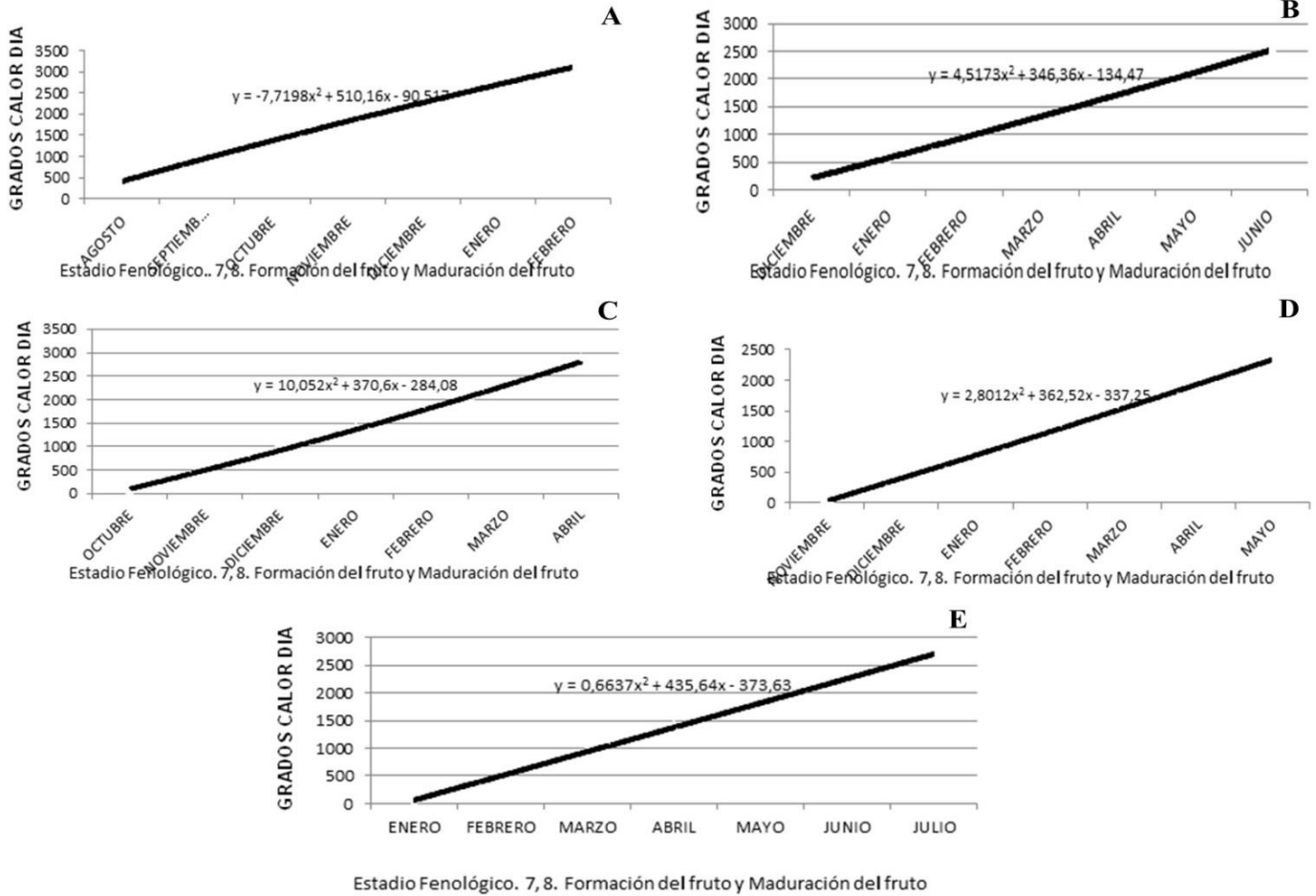


Figura 5. Grados calor día durante el 2010, en plantas de durazno en cinco localidades en la Provincia de Pamplona. A. Campo Dos. B. El Prado. C. Hato Viejo. D. La Palmita. E. Las Delicias.

*Modelamiento de producción*

Dos limitaciones de tipo técnico dificultaron la obtención de un modelo directo para la estimación de la producción, en primer lugar lo asincrónica que son las mediciones en las distintas variables y en las distintas fincas, lo anterior se da por cuestiones logísticas, de costos y por diferencias en el desarrollo de las plantas de cada una de las fincas.

Otra limitante que existió es la agregación de las variables de ramas, hojas y frutos a través de medias muestrales, naturalmente por costos y cuestiones prácticas sería inviable medir cada rama, fruto y hoja de un árbol (en este caso no habría error muestral para cada árbol seleccionado). Sin embargo al tener muestras de estas unidades de observaciones (rama, fruto, hoja) se genera un error muestral el cual no fue fácil cuantificarlo. Adicional a las dificultades mencionadas anteriormente, la producción y el número de frutos depende en gran medida de diversos factores ambientales, económicos, ecológicos entre otros que no son de fácil consideración. En la tabla 3 se muestra las estimaciones de los parámetros de regresión en cada período.

Así por ejemplo, en la primera fila se tiene la estimación de un modelo de regresión lineal múltiple para la producción en el día cien después de la defoliación, el modelo de regresión lineal múltiple en ese periodo que identifica los componentes de rendimiento del cultivo del duraznero es el siguiente:

$$y = \beta_0 - 674.49 + 36.11x_1 + 201.87x_2 + \dots - 23.62x_{11} - 5.25x_{12}$$

Donde y: producción en kilogramos, las variables explicativas completas (x)<sub>x</sub> se encuentran en el encabezado de la tabla 3 aunque el modelo funciona igual sin las variables longitud de la rama, peso fresco total del fruto y peso seco total del fruto.

En la primera fila de la tabla 3 se tiene la estimación de un modelo de regresión lineal múltiple para la producción en el día cien después de la defoliación y así sucesivamente.

En los distintos modelos elaborados en cada tiempo se observa que no todas las variables son significativas para explicar la producción, ya sea por la poca relación lineal que existe entre esta variable y la producción o por la multicolinealidad existente entre las variables, por lo tanto, se

elaboró un modelo de regresión usando las variables necesarias para obtener un modelo adecuado, el modelo que

se elaboró para cada período es el resultante de realizar el procedimiento conocido como Stepwise .

Tabla 3. Parámetros de regresión en cada período

DDF (y)	INTER (x1)	ANH (x1)	AF (x2)	DIAE CUFR U (x3)	DIAL OFRU (x4)	DIAR A (x5)	IR (x6)	LARH (x7)	LORA (x8)	LARX ANH (x9)	NHO (x10)	PFF (x11)	PSF (x12)
100	-674,49	36,11	-201,87	149,44	-27,17	-167,61	327,82	16,56	1,12	146,75	-1,00	-23,62	-5,25
101	-999,06	44,54	-205,61	164,33	-24,53	-168,02	353,00	19,50	0,64	154,04	-0,56	-24,74	-6,44
102	-609,21	-19,06	-232,52	19,98	97,15	-93,76	507,59	-40,29	0,25	183,30	-0,33	-32,26	19,00
156	-1100,48	182,01	20,97	34,78	6,72	-392,36	352,51	224,78	0,83	-57,37	-0,35	-19,88	44,65
157	-1099,37	191,46	18,53	33,12	7,13	-371,47	342,34	238,20	0,87	-59,35	-0,30	-18,95	40,21

DDF: Días después de la defoliación; INTER: Intercepto; ANH: Ancho de la hoja; AF: Área de la hoja; DIAECUFURU: Diámetro ecuatorial del fruto; DIALOFRU : Diámetro longitudinal del fruto; DIARA: diámetro de la rama; IR : Índice de redondez; LARH: Largo de la hoja; LORA: Longitud de la rama; LARXANH: Largo por ancho de la hoja; NHO: Número de hojas activas de la hoja; PFF: Peso fresco total del fruto; PSF: Peso seco total del fruto. El R cuadrado del modelo completo estuvo entre 0,58 a 0,74

## Conclusión

La tendencia de las curvas polinómicas de crecimiento de la IAF, TAN y TRC se ajustaron a los modelos polinómicas de segundo grado, tercer grado, cuarto grado, quinto grado y sexto grado.

Los siguientes son los componentes de rendimiento encontrados como variables del fruto: índice de redondez, diámetro ecuatorial del fruto, diámetro longitudinal del fruto, peso seco del fruto y peso fresco del fruto. Como variables de la rama: longitud de la rama, diámetro de la rama, perímetro medio de la rama y como variables de la hoja: número de hojas activas, ancho de la hoja, largo de la hoja, largo por ancho de la hoja y área de la hoja.

## Agradecimientos

Los autores expresan su agradecimiento a la Universidad de Pamplona, al Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural (Proyecto 2007L4757-502), a ASOHOFrucol, CORPONOR, IICA y Asprobabega, Municipio de Silos Norte de Santander, Colombia.

## Referencias

Arnold, Y. (1959). *The termination and significance of base temperature in a linear heat units system*. Proc. Amer. Soc. Hort. Sci. 74: 430-445.

Barfield, J., Gerber, F. (1979). *American Society of Agricultural Engineers*. St. Joseph, Michigan. USA. 429-440.

Beadle, C. (1988). *Análisis del crecimiento vegetal*. Editores: J. Combs; D. O.Hall; S.P. Long; J. M. Scurlock. Técnicas en fotosíntesis y bioproductividad. UNEP Colegio de Post graduados, Chapingo. México. 17-22.

Becerril, E. (1991). *Nutrición del Durazno: In: Curso teórico-práctico del cultivo del durazno*. Universidad Michoacana, colegio de Postgrados, Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) y Asociación de productores de durazno del estado de Michoacán, Uruapan, Michoacán, México. 76-89.

Bendel, R.; Afifi, A. (1977). *Comparison of stepping rules in forward stepwise regression*. Journal of the American Statistical Association. 72:56-53.

Calson P. S. (1990). *Biología de la productividad de cultivos*. AGT Editor, S.A. Progresos 202- Planta alta C.P. 11800- México, D. F. 413 pp.

Corley, R. H. V.; Hardon, J. J.; Tan, G. Y. (1971). *Analysis of growth of the oil Palm (E. guineensis Jacq.)*. Estimation of Growth Parameters and Application in Breeding. Euphytica (Holanda). 20: 307-315.

Dejong, T. (1990). *Canopy and light management*. Proc California Pear Course.

Erez, A., Couvillon, A. (1987). *Characterization of the influence of moderate temperatures on rest completion in peach*. J. Amer. Hort. Sci. 112(4): 677- 680 p.

Erez, A. (1987). *Chemical control of budbreak*. Hortscience 22(6): 1240-1243.

Glenn, M. (2000). *Physiological effects of incomplete root-zone wetting on plant growth and their implications for irrigations management*. HortScience 35: 1041-1043.

Glenn, M. (2000). *Physiological effects of incomplete root-zone wetting on plant growth and their implications for irrigations management*. HortScience 35: 1041-1043.

Hodges, T.; Doraiswamy, P. C. (1979). *Crop phenology literature review for corn, soybean, wheat, barley, sorghum, rice, cotton and sunflower*. Houston, Texas. Agristars Technical Report. Lockheed Electronics.

Hunt, R. (1988). *Plant growth analysis*. Edward Arnold London. 67 p.

- Hunt, R. (1990). *Basic growth analysis. Plant growth analysis for beginners*. Unwyn-Hyman London. 112 p.
- Kobayashi, K. D., Fuchigami, L. H., English, M. J. (1982). *Modelling temperature requirement for rest development in *Cornus sericea**. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 107(5): 914-918.
- Magalhaes, A. Y. y Montojos, J. (1971). *Effect of solar radiation on the Growth Parameters and Yield of Two varieties of common beans (*P. vulgaris* L. Turrialba. Costa Rica. 21(2): 165-168.*
- Marchi, S., Sebastián, L., Gucci, R., Tognetti, R. (2005). *Sink – source y transition in peach leaves during shoot development*. Journal American for Horticultural Science 130(6): 928-935.
- Mohsenin, N. (1978). *Physical properties of plant animal material*. V Gordon and Breach Science Publishers. V New York. 790 p.
- Montaldi, E. (1995). *Principios de Fisiología Vegetal. Bases fisiológicas del rendimiento*. La Plata. Buenos Aires. Argentina Sur. 298 p.
- Neild, E., Seeley, D. (1977). *Potencial productivo de especies agrícolas en el distrito de desarrollo Rural Río grande*. Zacatecas. México.
- Neild, E., Seeley, D. (1989). *Potencial productivo de especies agrícolas en el distrito de desarrollo Rural Río grande*. Zacatecas. México.
- Larcher, W. (1983). *Physiological Plant Ecology*. Pringer - Verlag.
- Lombard, P.; Richardson, E. (1979). *Physical principles involved in controlling phenological development* In: Modification of environment of plant.
- Lott, V. (1942). *Effect of nitrate soda on development of Halehavenpeach*. Univ. III. Agric. Exp. S. Bull. 483 p.
- Quevedo, G. E. (2002). *Manejo de especies perennes cultivadas en sistemas de producción del trópico humedo*. In: Comalfe Vol. XXIX (1). 39-43.
- Radford, D. (1967). *Growth analysis formulae their use and abuse*. Crop Science. 7: 171-174 p.
- Torres, E. (1995). *Agrometeorología*. Editorial Trillas. México, D.F. 154 p.
- Wallace, D. H., Munger, H. M. (1965). *Studies of the Physiological Basis for yield Differences*. I Growth Analysis of Six Dry Bean Varieties Crop Science (USA). 4: 343-348. <https://doi.org/10.2135/cropsci1965.0011183X000500040018x>
- Warren, W. (1981). *Analysis of growth Photosynthesis and light interception for Single Plants and Stands*. Annals of Botany. 18: 501-512.
- Weinberger, H. (1950). *Prolonged dormancy of peaches*. Proc. Amer. Soc. Hort. Sci. 56:129-139.
- Williams, W. (1946). *Productividad del Maíz (*Zea mays* L.) en las condiciones climáticas, tasa de asimilación neta*. Net Assimilation Rate. Ann. Bot. NS. 10: 41-72.
- Zegbe, J., Rumayor, R. (1994). *Blooming times differences among seedling peach*. Clones. Proc. Interamer. Soc. Trop. Hort. 38:127-132.
- Watson J. (1947). *Net Assimilation Rate*. Ann. Bot. NS. 22:37-55.

Ciencia y Tecnología Agropecuaria es una revista publicada por la Universidad de Pamplona bajo la licencia: [Creative Commons Reconocimiento-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/) (CC BY-NC-SA 4.0)

