

# FENOLOGIA DEL DURAZNERO CRIOLLO EN JEREZ, ZACATECAS, MEXICO: UN MODELO Y CODIGO DECIMAL FENOLOGICO\*

## PHENOLOGY OF NATIVE PEACH IN JEREZ, ZACATECAS, MEXICO: A MODEL AND PHENOLOGICAL DECIMAL CODE

Jorge A. Zegbe D.<sup>1</sup>

### RESUMEN

Los estudios fenológicos ayudan a entender el proceso de producción y a programar las prácticas de cultivo. El objetivo de este estudio fue ajustar un modelo de regresión para estimar los eventos fenológicos del duraznero cultivado bajo riego y seco, en función del tiempo, y basado en la codificación de sus etapas fenológicas. Los resultados muestran que un modelo de autorregresión lineal discontinuo describió y estimó adecuadamente el fenómeno biológico. Hasta endurecimiento de hueso, el comportamiento fenológico fue estadísticamente diferente ( $P \leq 0.05$ ) en ambas condiciones. La discontinuidad fenológica se detectó entre el inicio del endurecimiento de hueso e inicio de envero. En contraste, desde el inicio del envero al letargo existió un comportamiento significativamente ( $P \leq 0.05$ ) diferente entre ambientes. Se estimaron los requerimientos térmicos para cada estadio codificado.

### ABSTRACT

Phenological studies help to understand the production process and to improve the crop practices. The objective of this study was to fit a regression model to estimate the phenological events of peach trees cultivated under irrigated and rainfed growing conditions, in function of time, and based on codes for their phenological stages. The results showed that a discontinuous linear autoregression model described and estimated adequately the biological phenomena. Until pit hardening, the behavior of trees was statistically ( $P \leq 0,05$ ) different in both growing conditions. The phenological discontinuity was detected between pit hardening and the beginning of color change in fruits. In contrast, from the beginning of color change in fruits to dormancy, a behavior significantly ( $P \leq 0,05$ ) different between conditions was observed. The thermal requirements for each codificated stage were estimated.

Palabras índices adicionales: *Prunus persica* L., fenología.

### INTRODUCCION

La fenología de un árbol frutal se refiere al estudio de los fenómenos biológicos que ocurren

Recepción: 11 - 10 - 94

Aprobado: 24 - 05 - 95

\*Trabajo realizado dentro del proyecto de investigación en frutales de seco en Jerez, Zacatecas, México.

<sup>1</sup> Investigador del programa de Frutales Caducifolios del Campo Experimental Zacatecas. Apartado Postal No. 18. Calera de V.R. Zac. C.P. 98500 MEXICO.

periódicamente, como la brotación, floración, maduración de frutos, etc.; estos fenómenos se relacionan con el clima de la localidad (Font Quer, 1953). Las variaciones ambientales y el patrimonio genético de las plantas definen su expresión fenotípica, lo cual se manifiesta en cambios morfológicos y fisiológicos que pueden ser medidos a través de estudios fenológicos (López, 1982; Luis, 1982).

Los estudios fenológicos ofrecen al investigador una herramienta para entender el pro-

ceso de producción. Al definir las etapas de desarrollo, es posible realizar con oportunidad las prácticas de cultivo como la fertilización, poda, control de malas hierbas, plagas, enfermedades, etc., ya que en gran parte, la calidad y cantidad del producto depende de la oportunidad con que estas actividades sean realizadas (Lott y Simons, 1964).

Cada cultivo difiere en su desarrollo fenológico con respecto a otro, por lo tanto, ha sido necesario identificar etapas en cada uno de ellos, cuantificándolas de alguna manera, como en soya, alfalfa, trigo y maíz (Fehr y col., 1971; Kalu y Fick, 1981; George, 1982; Ritchie y Hanway, 1984). En especies perennes como duraznero y cítricos, se han obtenido modelos predictivos, asociados principalmente con temperatura, aplicados al desarrollo de yemas florales (Powell, 1977; Bellows y col., 1985). Sin embargo, en duraznero, como en la mayoría de los árboles frutales, no se ha propuesto un método que detalle su desarrollo fenológico.

La fenología de los cultivos se ha estudiado con modelos estocásticos que permiten predecir la fenología del cultivo con base en variables del ambiente (Runge, 1968; Thompson, 1970; Stevens y col., 1985; Singh y col., 1985). Sin embargo, Loomis (1969) señaló que el desarrollo de modelos dinámicos permitiría la simulación detallada del cultivo, así como la predicción del rendimiento al cambiar factores del clima, prácticas culturales, e inclusive el material genético, creando así métodos diferentes para estudiar la producción agrícola; por lo tanto, los estudios sobre el desarrollo y crecimiento de cualquier cultivo son básicos para evolucionar hacia un nivel tecnológico que permita su explotación máxima y racional, en las áreas agroecológicas adecuadas (Oebker y Hopen, 1974).

Zadoks y col. (1974) propusieron un método para cuantificar etapas de crecimiento y desarrollo para cereales, al que llamaron "Código decimal". Este Código consiste en identificar, con uno y dos dígitos, los estadios fenológicos principales y secundarios, respectivamente, los cuáles pueden ser procesados por métodos computacionales.

El objetivo de este trabajo fue ajustar un modelo predictivo de la fenología del duraznero, con base en la codificación de la ocurrencia de los fenómenos biológicos a través del

tiempo, y en respuesta al régimen hídrico en que se desarrolla.

## MATERIALES Y METODOS

Este trabajo se realizó durante 1984 y 1985 en huertos de duraznero ubicados en Los Haro y Palmas Altas, municipio de Jerez, Zacatecas, cultivados bajo condiciones de riego y secano, respectivamente. El secano, en esta área es de 450 a 650 milímetros de precipitación anual, la cual se distribuye en un 78% en los meses de junio a septiembre. Ambos huertos fueron plantados con material criollo (propagado sexualmente), cuyas características de fruto son: color amarillo, pulpa firme y hueso pegado. La edad de los árboles en el período experimental fue de siete años.

Los datos que sirvieron de base para la estimación del modelo, se obtuvieron de ocho árboles (A) seleccionados al azar cada año, tanto para riego como para secano [régimen hídrico (RH)]. Se marcaron cuatro ramas al azar (Ra) por árbol de la siguiente manera: dos en la parte alta (2,0 y 1,5 m para riego y secano, respectivamente) y dos en la parte baja (1,5 y 1 m para riego y secano, respectivamente). Se procuró que las ramas mixtas tuvieran en promedio 5 mm de diámetro, 22 cm de longitud y 19 yemas florales para árboles cultivados en riego, y 15 cm de longitud y 13 yemas florales para árboles cultivados bajo secano. Las observaciones fueron visuales con intervalos de ocho días entre muestreos. Se registraron 2.688 observaciones producto de  $8 A * 4 Ra * 2 RH * 21$  Etapas fenológicas (EF) \* 2 Años. Dichos valores sirvieron para ajustar el modelo que a continuación será descrito.

El muestreo para 1984 y 1985 se inició el 1 de febrero y enero, respectivamente, y terminó en enero del año siguiente.

Las etapas fenológicas que se registraron, y que constituyeron el Código Decimal de Fenología (CDF) se muestran en el Cuadro 1. El período de floración comprendió de EF 0,1 a 2,5. En el proceso de crecimiento de fruto se consideró desde EF 3,0 hasta 5,5. La maduración de fruto incluyó de EF 5,5 a la 7,0. De la EF 7,5 en adelante, fue el período de postcosecha, y letargo como la EF 9,9. Esta última etapa fenológica fue incluida con base en su definición: "El letargo es la suspensión secano del



crecimiento visible de cualquier estructura de la planta contenida en un meristemo" (Lang, 1987). En este trabajo no se discuten los estadios que involucra el letargo.

**Cuadro 1.** Codificación de etapas fenológicas (EF) del duraznero.

Etapa fenológica	Descripción
EF 0.1	Yema hinchada
EF 0.5	Punta de planta
EF 1.0	Inicio de floración
EF 1.5	Floración completa
EF 2.0	Inicio de caída de pétalos
EF 2.5	Caída de pétalos (50%)
EF 3.0	Amarre de frutos
EF 3.5	Fruto tamaño "canica" (inicio)
EF 4.0	Fruto tamaño "canica" (50%)
EF 4.5	Endurecimiento del hueso (inicio)
EF 5.0	Endurecimiento del hueso (50%)
EF 5.5	Envero
EF 6.0	Maduración del fruto (inicio)
EF 6.5	Maduración del fruto (50%)
EF 7.0	Maduración del fruto (final)
EF 7.5	Senescencia (inicio)
EF 8.0	Senescencia (50%)
EF 8.5	Defoliación (inicio)
EF 9.0	Defoliación (50%)
EF 9.5	Defoliación (100%)
EF 9.9	Letargo

De acuerdo con Muñoz y col. (1986), se consideró como período de desarrollo del fruto (PDF) los días desde plena floración (EF 1,5) a la primera cosecha comercial (EF 6,0)

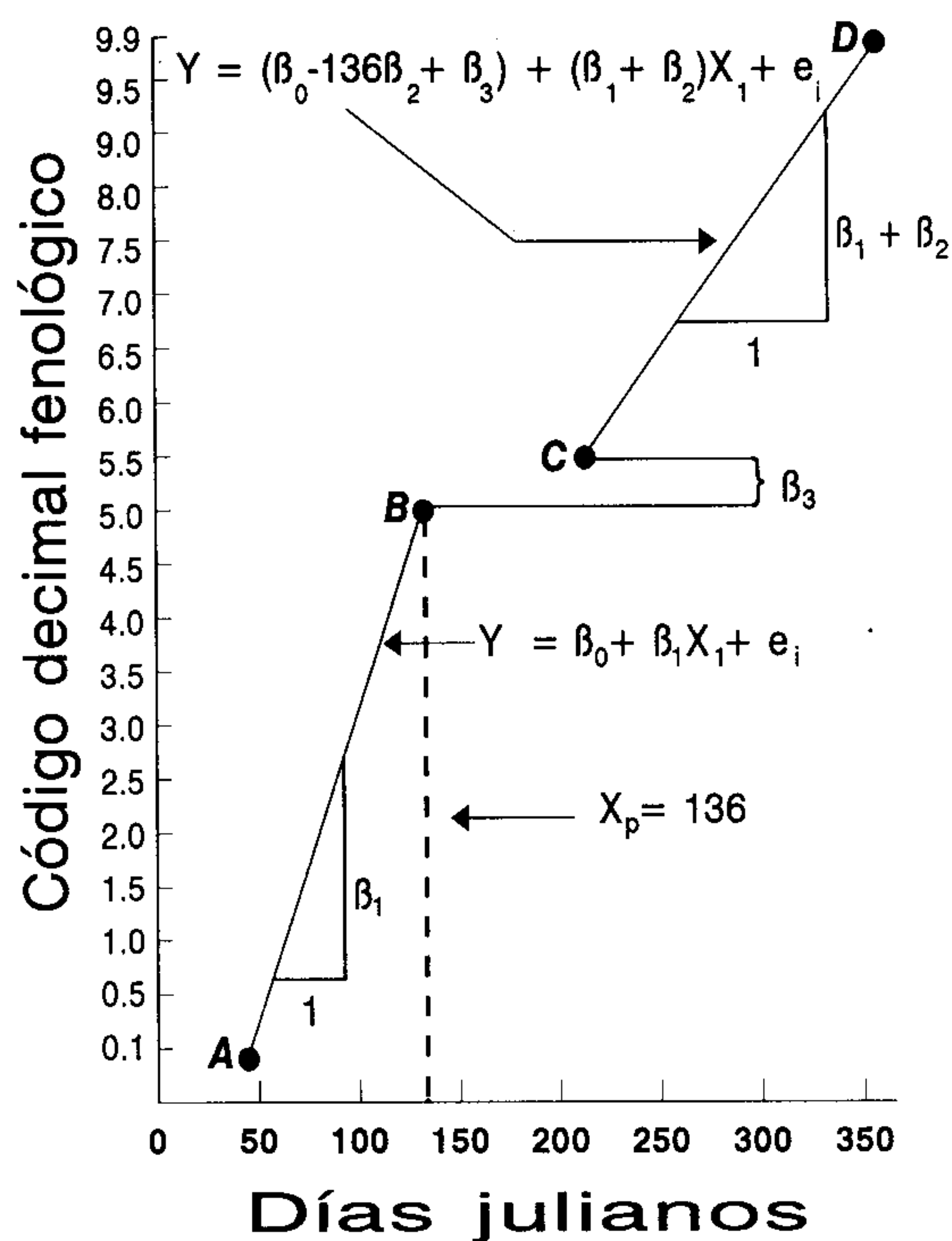
### Modelo

Según Neter y Wasserman (1974), el modelo de regresión lineal discontinuo (MRLD) resulta útil cuando la función de regresión cambia en su pendiente o existe una "ruptura" en algún punto específico de los valores de  $X$ . Bajo esta circunstancia, una variable indicadora ( $X_p$ ) debe ser introducida al modelo para considerar dicha alteración en el valor de la pendiente.

En la Figura 1 se presenta este caso, donde del punto A al B se muestra una primera recta, entre B y C se indica el punto de "ruptura", y de C a D se observa una segunda recta con un valor de pendiente distinto a la primera recta. El MRLD responde a la siguiente ecuación general:

$$Y_i = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 (X_1 - X_p) X_2 + \beta_3 X_1 + \varepsilon_i \dots \quad (1)$$

donde  $Y_i$  es el código decimal de fenología (CDF),  $\beta_0$ ,  $\beta_1$ ,  $\beta_2$  y  $\beta_3$  son los coeficientes par-



**Figura 1.** Representación de un modelo de regresión lineal discontinuo ejemplificado con el código fenológico del duraznero en función de días julianos (adaptado de Neter y Wasserman, 1974).

ciales de regresión,  $X_1$  son los días julianos (DJ) y las unidades calor (UC) para cada EF; esto implicó la generación de un modelo para DJ y otro para UC para cada régimen hídrico.  $X_p$  es la variable indicadora de cambio o punto de "ruptura", y donde no existe evento fenológico que pueda ser registrado usando esta metodología; en consecuencia, el modelo de regresión lineal simple es cambiado a uno lineal discontinuo. De acuerdo a la variación de la población, los valores  $X_p$  fueron seleccionados por ser los máximos observados; en este caso,  $X_p$  para riego y secano fue en los días julianos 136 y 143, respectivamente; mientras  $X_p$  para las mismas condiciones ambientales fue de 1.010 y 1.222 UC, respectivamente.  $\varepsilon_i$  son las variables aleatorias no observables, independientes, distribuidas normalmente, con media cero y varianza  $\delta^2$ . Tomando como ejemplo  $X_p = 136$  (riego), las variables indicadoras  $X_2$  y  $X_3$  toman valores cuando  $X_1 \geq 136$ , entonces  $X_2 = (X_1 - 136)$  y  $X_3 = 1$ , de otra manera,  $X_2$  y  $X_3$  toman valores de cero (Cuadro 2). Con las anteriores indicaciones se estimaron los parámetros  $\beta_2$  y  $\beta_3$ , respectivamente; y con ello se ge-

neraron dos ecuaciones para estimar el modelo lineal discontinuo (1) como sigue:

$$Y_i = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \epsilon_i \text{ cuando } X_1 < 136 \dots \quad (2)$$

$$Y_i = (\beta_0 - 136 \beta_2 + \beta_3) + (\beta_1 + \beta_2) X_1 + \epsilon_i \text{ cuando } X_1 > 136 \dots \quad (3)$$

Las funciones se muestran en la Fig. 1, donde el coeficiente  $\beta_1$  representa la pendiente de la primera recta en el sistema, es decir, es la pendiente de referencia. El coeficiente  $\beta_2$  se refiere a la diferencia entre las dos pendientes involucradas, mientras que  $\beta_3$  es el parámetro de discontinuidad, el cual indica la magnitud promedio de separación entre las dos rectas en  $X_p = 136$ . Tanto  $\beta_2$  como  $\beta_3$  son aditivos a  $\beta_1$ .

**Cuadro 2.** Obtención de las variables  $X_2$  y  $X_3$ , utilizando algunas etapas del código decimal fenológico (CDF).

CDF	$X_1$	$X_2$	$X_3$
cuando $X_p < 136$			
0.1	42	0	0
⋮	⋮	⋮	⋮
5.0	136	0	0
cuando $X_p > 136$			
5.5	210	74	1
⋮	⋮	⋮	⋮
9.9	350	214	1

A través de la prueba de Durbin-Watson (*d*) se detectó la existencia de correlación serial entre las observaciones, entonces la estimación de  $\beta_1$ ,  $\beta_2$  y  $\beta_3$  por el método de mínimos cuadrados es ineficiente; por lo tanto, como medida remedial a los supuestos del modelo clásico de regresión lineal, los parámetros de las ecuaciones fueron estimados por autorregresión de primer orden (Gujarati, 1981), usando la declaración PROC AUTOREG (SAS, 1982).

La selección de variables se hizo por el método hacia adelante (STEPWISE), dando un nivel de significancia de  $P = 0,20$  para ingresar al modelo general y de  $P = 0,05$  para permanecer en él (SAS, 1982).

Finalmente, se calcularon las unidades calor (UC) para cada EF como sigue: 1) se determinaron las unidades frío (UF) a partir del 1 de noviembre hasta completar 550 UF (Richardson y col., 1974); 2) una vez satisfechos los requerimientos de frío por los árboles, se inició la acumulación de UC por el método residual, utili-

zando una temperatura base de 5 °C, la cual fue constante para todas las EF (Lombard y Richardson, 1979; Muñoz y col., 1986); 3) por el procedimiento descrito en párrafos anteriores, se estimaron los coeficientes parciales de regresión para las ecuaciones de UC. Los datos de temperatura del aire fueron obtenidos al abrigo (caseta a 1.5 m sobre el nivel del suelo), con un termómetro de máxima y mínima en la Estación Climatológica de Boca del Tesoro de Jerez, Zac. El Sistema de Información para Caracterizaciones Agroclimáticas fue usado para generar UF y UC (Medina y Ruiz, 1992).

## RESULTADOS Y DISCUSION

### Modelo

En el Cuadro 3 se muestra el resultado del análisis de la varianza para el modelo lineal discontinuo, e indica que tanto DJ como UC usadas como variables independientes explican significativamente ( $P \leq 0.0001$ ) la variabilidad de la fenología del duraznero, en el intervalo de valores estudiados;

**Cuadro 3.** Análisis de varianza del modelo autorregresivo lineal discontinuo generado para la fenología del duraznero criollo cultivado bajo riego y seco, en función de días julianos y unidades calor.

Fuente de variación	gl'	Riego Cuadrado medio	NSO''	Secano Cuadrado medio	NSO
Días julianos					
Modelo 3		3511.26	0.0001	3124.08	0.0001
$X_1$	1	1363.76	0.0001	1006.33	0.0001
$X_2$	1	156.54	0.0001	108.09	0.0001
$X_3$	1	251.75	0.0001	137.89	0.0001
Residual	1340	0.15		0.15	
Total	1343				
$R^2$		0.98		0.97	
CV (%)		7.68		8.59	
<i>d</i>		0.83		0.97	
Unidades calor					
Modelo 3		3495.08	0.0001	3123.15	0.0001
$X_1$	1	1371.32	0.0001	1027.97	0.0001
$X_2$	1	214.03	0.0001	94.64	0.0001
$X_3$	1	262.40	0.0001	202.82	0.0001
Residual	1340	0.18		0.17	
Total	1343				
$R^2$		0.97		0.97	
CV (%)		8.57		9.23	
<i>d</i>		0.71		0.98	

$R^2$  = coeficiente de determinación; CV = coeficiente de variación; y *d* = estadístico Durbin-Watson. ''': grados de libertad y nivel de significancia observado, respectivamente.



también, las variables involucradas en el modelo ( $X_1$ ,  $X_2$  y  $X_3$ ) expresadas en días julianos o unidades calor, contribuyeron significativamente ( $P \leq 0.0001$ ) en la descripción de la variación del Código Decimal Fenológico del duraznero criollo (Cuadro 3). El resultado de la selección de las variables apoyó tal aseveración; ya que las mismas en conjunto explican prácticamente el 98% de la relación existente entre CDF con DJ y UC (Cuadro 4). Los coefi-

cientes de determinación ( $R^2$ ), de variación (CV) y el estadístico C(p) obtenidos (Cuadros 3 y 4), son indicadores de que los modelos ajustados sirven para representar, describir y estimar la tendencia del CDF en función de los DJ y UC, en el intervalo de valores estudiados (Neter y Wasserman, 1974; Gujarati, 1981). Los coeficientes parciales de regresión estimados y sus estadísticos son presentados en el Cuadro 5.

**Cuadro 4.** Resumen de la selección de variables para los modelos fenológicos en función de días julianos y unidades calor.

Secuencia de entrada	Variable <sup>1</sup> aceptada	Riego			Secano				
		$R^2$		C(p)	NSO	$R^2$		C(p)	NSO
Parcial	Acumulada	Parcial	Acumulada						
Días julianos									
1	$X_1$	0.9434	0.9434	2579.20	0.0000	0.9506	0.9506	1331.39	0.0000
2	$X_3$	0.0237	0.9670	985.20	0.0001	0.0172	0.9678	529.69	0.0001
3	$X_2$	0.0146	0.9816	4.00	0.0001	0.0113	0.9791	4.00	0.0001
Unidades calor									
1	$X_1$	0.9282	0.9292	2652.85	0.0000	0.9399	0.9399	1468.31	0.0000
2	$X_2$	0.0290	0.9572	1083.81	0.0001	0.0262	0.9661	403.31	0.0001
3	$X_3$	0.0199	0.9772	4.00	0.0001	0.0099	0.9760	4.00	0.0001

NSO = Nivel de significancia observado.

**Cuadro 5.** Resumen de estadísticas asociadas a los coeficientes parciales de regresión estimados a través de auto-regresión.

Coeficiente	Riego			Secano		
	Valor	EE	NSO	Valor	EE	NSO
Días julianos						
$\beta_0$	-2.3520	0.0730	0.0001	-2.1916	0.0813	0.0001
$\beta_1$	0.0586	0.0008	0.0001	0.0543	0.0009	0.0001
$\beta_2$	-0.0269	0.0011	0.0001	-0.0242	0.0013	0.0001
$\beta_3$	-2.6720	0.0645	0.0001	-2.3255	0.0934	0.0001
Unidades calor						
$\beta_0$	-0.0789	0.0500	0.0001	-0.1597	0.0538	0.0001
$\beta_1$	0.0057	0.0001	0.0001	0.0051	0.0001	0.0001
$\beta_2$	-0.0030	0.0001	0.0001	-0.0026	0.0001	0.0001
$\beta_3$	-2.9045	0.0800	0.0001	-2.9717	0.1135	0.0001

NSO = Nivel de significancia observado basado en la prueba de *t*. EE es el error estándar de la estima.

En relación a los parámetros,  $\beta_0$  en los cuatro modelos no tiene interpretación práctica para el fenómeno que se describe, y por lo tanto, éste es sólo un parámetro en las ecuaciones presentadas; en contraste,  $\beta_1$  indica que por cada día transcurrido se espera en promedio un avance del CDF de 0.0586 unidades para el intervalo de DJ estudiados. En este caso,  $\beta_2$  y

$\beta_3$  tienen significado, pero en conjunto con  $\beta_0$  y  $\beta_1$ .

### Fenología

La actividad de los árboles, tanto en riego como en secano, se inició al mismo tiempo y fue constante hasta el endurecimiento del hueso (EF 5.0); sin embargo, los árboles cultivados bajo secano se retrasaron en promedio seis días más para alcanzar esta etapa en comparación con los de riego (13 y 7 de mayo en promedio, respectivamente). A través de la prueba de comparación entre las dos rectas, este desfase fue significativo ( $P \leq 0.01$ , datos no presentados) entre los ambientes. La discontinuidad fenológica se detectó entre el endurecimiento del hueso y envero (EF 5,0 y EF 5,5, respectivamente), período en el cual no fue posible cuantificar u observar cambio ontogénico alguno con el procedimiento empleado. En contraste, en la segunda parte de la recta se observó un retraso en el desarrollo fenológico hasta por 15 días entre riego y secano; esto significó que el comportamiento fenológico de los árboles difiere de acuerdo al régimen hídrico en

el que éstos son cultivados. Asimismo, el envero (EF 5,5) se observó en promedio el 29 de julio y 6 de agosto en riego y secano, respectivamente; mientras que el letargo (EF 9,9) fue alcanzado en promedio el 15 y 30 de di-

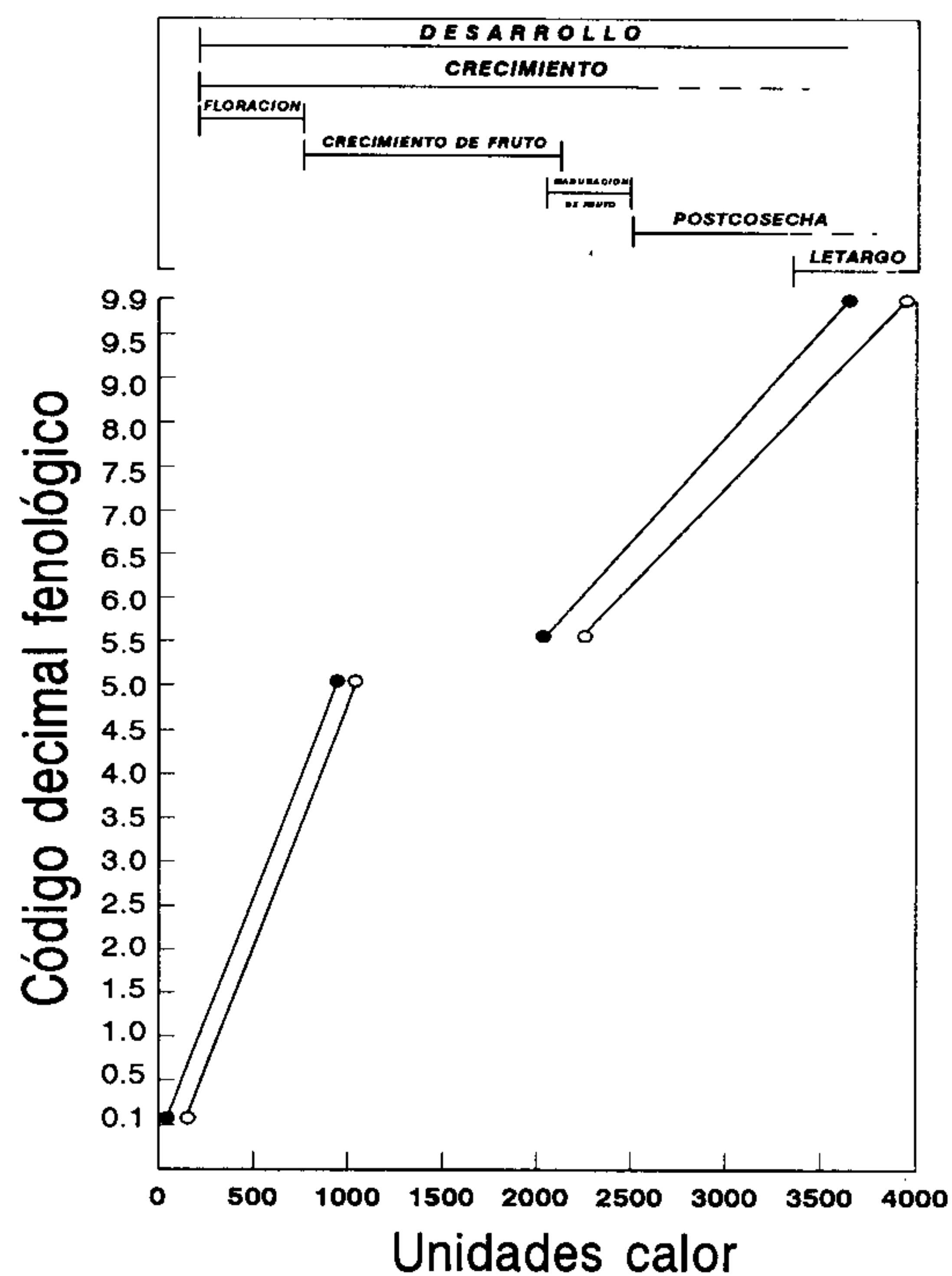
ciembre para riego y secano. Los eventos fenológicos observados y estimados, así como los días julianos para cada estadio fenológico y fechas promedio se muestran en el Cuadro 6.

**Cuadro 6.** Valores observados (O) y estimados (E) para cada etapa fenológica (EF) por régimen hídrico.

Etapa fenológica	Riego				Secano				
	O	E	DJ	DE	Fecha <sup>1</sup> DIA/MES	EF	DJ	DE	Fecha DIA/MES
0.1	0.11		42 ± 7.7		11/02	0.14	43 ± 12.9		12/02
0.5	0.52		49 ± 8.5		18/02	0.47	49 ± 10.6		18/02
1.0	1.05		58 ± 6.7		27/02	1.01	59 ± 8.4		28/02
1.5	1.52		66 ± 5.7		07/03	1.50	68 ± 6.9		09/03
2.0	2.04		75 ± 4.2		16/03	1.99	77 ± 5.9		18/03
2.5	2.51		83 ± 5.1		24/03	2.48	86 ± 6.3		27/03
3.0	3.04		92 ± 6.6		02/04	3.02	96 ± 7.3		06/04
3.5	3.51		100 ± 5.7		10/04	3.51	105 ± 5.6		15/04
4.0	4.09		110 ± 5.1		20/04	4.05	115 ± 5.2		25/04
4.5	4.50		117 ± 7.7		27/04	4.49	123 ± 5.7		03/05
5.0	5.09		127 ± 6.8		07/05	5.03	133 ± 4.9		13/05
5.5	5.48		210 ± 12.4		29/07	5.51	218 ± 12.1		06/08
6.0	6.02		227 ± 11.5		15/08	6.02	235 ± 7.5		23/08
6.5	6.49		242 ± 11.4		30/09	6.50	251 ± 3.8		08/09
7.0	7.00		258 ± 11.9		15/09	7.01	268 ± 22.5		25/09
7.5	7.51		274 ± 7.1		01/10	7.49	284 ± 7.4		11/10
8.0	8.02		290 ± 8.2		17/10	8.00	301 ± 7.3		28/10
8.5	8.49		305 ± 7.2		01/11	8.49	317 ± 7.0		13/11
9.0	8.99		321 ± 7.0		17/11	9.00	334 ± 7.3		30/11
9.5	9.51		337 ± 4.8		03/12	9.51	351 ± 7.9		17/12
9.9	9.89		349 ± 6.1		15/12	9.90	364 ± 5.1		30/12

<sup>1</sup> La fecha corresponde al valor medio estimado. DJ = Días julianos; DE = desviación estándar de la media.

En la Fig. 2 se muestran las UC estimadas para cada etapa fenológica. El período de desarrollo del fruto (PDF) requirió, en promedio, la acumulación de 1928 (161 días) y 2057 (167 días) UC para los árboles cultivados bajo riego y secano, respectivamente, mientras que cultivares de duraznero de bajo frío requirieron en promedio 1216 UC (76 días) durante el mismo evento (Muñoz y col., 1986). Evidentemente, las exigencias térmicas del duraznero criollo son mayores; de hecho éstas oscilaron entre un 37 (riego) y 41% (secano) más durante este proceso, en comparación con los cultivares de bajo requerimiento de frío. Lo anterior está en función directa con la información genética del genotipo y su habilidad de adaptación de los mismos en las diferentes regiones de explotación del cultivo (Pérez-Gonzales, 1992); de hecho la variación más grande se observó durante la maduración del fruto en ambos ambientes, lo cual resulta lógico si se toma en consideración que el duraznero criollo ha sido propagado sexualmente por décadas; resultados similares han sido publicados por otros autores en bancos de germoplasma



**Figura 2.** Comportamiento fenológico del duraznero criollo cultivado bajo condiciones de riego (●) y secano (○) en función de unidades calor.



de chabacano y duraznero (Pérez-Gonzales, 1992; Pérez y col., 1993).

La diferencia en el comportamiento fenológico entre riego y seco se debió a que en esta última condición, la baja disponibilidad de agua en el suelo y menor temperatura durante el ciclo biológico, retrasan los procesos fisiológicos y se reflejan en el desarrollo del cultivo. Por lo tanto, la restricción de recursos para el cultivo modifica algunos mecanismos fisiológicos y la morfología de la planta repercute en el proceso de adaptación (López, 1982; Luis, 1982). Por ende, el régimen hídrico modificó el comportamiento de esta especie frutal. No obstante, para comprender mejor este proceso, es importante incluir en el modelo (además de la temperatura) otros factores tales como la disponibilidad de agua, captación de luz por el dosel, vientos, etc., que estén ejerciendo un efecto significativo en limitar o favorecer el desarrollo del duraznero en ambas condiciones, como lo señalan algunos investigadores en otros cultivos (Runge, 1968; Stevens y col., 1985; Singh y col., 1985).

Con esta metodología fue posible detallar el proceso fenológico del duraznero (Zadoks y col., 1974), y no se limitó a una sola etapa (Powell, 1977; Bellows y col., 1985). Asimismo, el modelo empírico y el Código Decimal Fenológico pueden ser utilizados en otras áreas, siempre y cuando los coeficientes parciales de regresión sean estimados para un área y un genotipo específico.

Por otro lado, los requerimientos térmicos por estadios fenológicos pueden ser utilizados para buscar áreas potenciales para la explotación de esta especie frutal (Loomis, 1969; Oebker y Hopen, 1974).

## CONCLUSIONES

El modelo usado describió y estimó adecuadamente al fenómeno biológico del duraznero criollo; sin embargo, éste deberá ser ajustado para un área y genotipo (variedad) determinado. El Código Decimal de Fenología propuesto resultó ser eficiente en la identificación de las etapas fenológicas estudiadas.

Tanto en riego como en seco la EF 0,1 (yema hinchada) inició simultáneamente; sin embargo, los árboles cultivados en condiciones de seco alcanzaron la etapa de endure-

cimiento de hueso (EF 5,0) seis días después que los de riego, siendo este desfase estadísticamente significativo ( $P \leq 0,05$ ).

Se observó discontinuidad fenológica entre EF 5,0 y EF 5,5, etapas donde no fue posible cuantificar algún cambio ontogénico, con el procedimiento utilizado en este estudio.

Se observó diferencia significativa ( $P \leq 0,05$ ) en el comportamiento fenológico entre riego y seco, donde el huerto bajo condiciones de riego alcanzó el envero y letargo ocho y 15 días antes que los de seco.

Para el período de desarrollo de frutos se requirieron, en promedio, 161 y 167 días, además de 1928 y 2057 UC para árboles cultivados bajo riego y seco, respectivamente.

## DEDICATORIA

EL autor desea dedicar este trabajo a la memoria del Dr. Facundo Barrientos Pérez, con quien tuvo una corta pero fructífera amistad.

## LITERATURA CITADA

1. BELLOWS, T.S., J.G. MORSE, N.V. O'CONNELL and D.L. FLAHERTY. 1985. Citrus flower model may aid in timing pestcontrols. California Agriculture 39:9-10.
2. FEHR, W.R., C.E. CAVINESS, D.T. BURMOOD, and J.S. PENNINGTON. 1971. Stage of development descriptions for soybeans *Glycine max* (L) Merrill. Crop Sci. 11:929-931.
3. FONT, Q.P. 1953. Diccionario de Botánica. Labor S.A. Barcelona, España.
4. GEORGE, D.W. 1982. The growing point of fall-sown wheat: a useful measure of physiologic development. Crop Sci. 22:235-239.
5. GUJARATI, D. 1981. Econometría básica. Editorial McGraw-Hill/Latinoamericana de México S.A. de C.V.
6. KALU, B.A. and G.W. FICK. 1981. Quantifying morphological development of alfalfa for studies of herbage quality. Crop Sci. 21:267-271.
7. LANG, G.L. 1987. Dormancy: a new universal terminology. HortScience 22:817-820.
8. LOMBARD, P. and E.A. RICHARDSON. 1979. Physical principles involved in controlling phenological development. In:

- B.J. Barfield and J.F. Gerber (eds.) Modification of the aerial environment of plants. The American Society of Agricultural Engineers. St. Joseph, Michigan.
9. LOOMIS, R.S. 1969. Simulation: an integrative tool in crop research. *HortScience* 4:14-16.
  10. LOPEZ M., J.G. 1982. Evaluación fenológica de mutantes locales de manzano cv. Golden Delicious. Tesis Profesional. Universidad Autónoma Agraria "Antonio Narro". Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.
  11. LOTT, R.V. and R.K. SIMONS. 1964. Floral tube and style abscission in the peach and their use as physiological reference points. *Pro. Amer. Soc. Hort. Sci.* 85:141-153.
  12. LUIS A., A. 1982. Estudio fenológico y morfológico en selecciones de manzano (*Malus pumila* Mill) de requerimiento bajo de frío. Tesis de Maestría en Ciencias. Colegio de Postgraduados. Chapingo, México.
  13. MEDINA, G., G. y J.A. RUIZ C. 1992. SICA, Sistema de Información para Caracterizaciones Agroclimáticas. Documentación y manual del usuario. SRAH, INIFAP, CEZAC. Tema didáctico No. 2.
  14. MUÑOZ, C., G. SEPULVEDA, J. GARCIA-HUIDOBRO and W.B. SHERMAN. 1986. Determining thermal time and base temperature required for fruit development in low-chilling peches. *HortScience* 21:520-522.
  15. NETER, J. and W. WASSERMAN. 1974. Applied linear statistical models. Richard D. Irwin. Inc. Homewood, Illinois.
  16. OEBKER, N.F and H. J. HOPEN. 1974. Microclimate modification and the vegetable crop ecosystem. *HortScience* 9:12-16.
  17. PEREZ, G.S. 1992. Associations among morphological and phenological characters representing apricot germoplasm in central México. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 117:486-490.
  18. PEREZ, S., S. MONTES and C. MEJIA. 1993. Analysis of peach germplasm in Mexico. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 118:519-524.
  19. POWELL, A.A. 1977. Field testing the Utah chill unit and growing degree hour models using low chilling peaches. *HortScience* 12:2.
  20. RICHARDSON, E.A., S.D. SEELY and D.R. WALKER. 1974. A model for estimating the completion of rest for 'Redhaven' and 'Elberta' peach trees. *HortScience* 9:331-332.
  21. RITCHIE, S.W. and J.J. HANWAY. 1984. How a corn plant develops. Iowa State Univ. of Sci. and Tech. Coop. Ext. Serv. Ames, Iowa. Special report No. 48.
  22. RUNGE, E.L. 1968. Effects of rainfall and temperature interactions during the growing season on corn yield. *Agron. J.*, 60:503-507.
  23. SAS. 1982. S A S User's guide: Statistics. SAS Institute Inc. Box 8000. Cary, North Carolina 27511 U S A.
  24. SINGH, H., G. UEHARE, and C.A. JONES. 1985. Simulating corn (*Zea mays* L.) performance in the tropics. *Agron. Abs.* p. 15.
  25. STEVENS, E.J., S.J. STEVENS, and A.D. FLOWERDAY. 1985. Temperature dependent phenological models for field corn and popcorn (*Zea mays* L.). *Agron. Abs.* p. 18.
  26. THOMPSON, L.M. 1970. Weather and technology in the production of soybeans in the central United States. *Agron. J.* 62:232-236.
  27. ZADOKS, J.C., T.T. CHANG and C.F. KONZAK. 1974. A decimal code for the growth stages of cereals. *Weed Res.* 14:415-421.



# Agro - Ciencia

UNIVERSIDAD DE CONCEPCION  
CAMPUS CHILLAN

ISSN 0716 - 1689

VOLUMEN 11

JULIO - DICIEMBRE 1995

NUMERO 2

## CONTENIDO

ARTICULOS DE INVESTIGACION	Pág.
<b>PRODUCCION Y PROTECCION VEGETAL</b>	
Evaluación del cv. Pinot Chardonnay injertado de dos formas sobre cultivar País, bajo distintos suplementos hídricos, en la tercera temporada de crecimiento. <b>Ricardo Merino H., Eduardo Holzapfel H. y Joaquín Allende L.</b>	109
Efecto del CPPU y ácido giberélico en frutos de vid cv. Moscatel Rosada. <b>Jean P. Joublan M., Ricardo Merino H., Rosemarie Wilckens E. y Esteban Medina.</b>	119
Fenología del duraznero criollo en Jerez, Zacatecas, México: Un modelo y código decimal fenológico. <b>Jorge A. Zegbe D.</b>	129
<b>PRODUCCION ANIMAL</b>	
Epoca e intensidad de uso en triticale ( <i>Triticosecale wittmack</i> ), para producción de forraje. <b>Marcos Figueroa R., Marcelo Tima P., Fernando Bórquez L. y Antonieta Zúñiga S.</b>	137
Influencia del líquido folicular y el suero de vaca en celo en la producción <i>in vitro</i> de embriones bovinos. <b>Clara Larocca A., Sergio Kmaid R., Juan Calvo M. y Mónica Viqueira A.</b>	145
Concentraciones plasmáticas de hormona del crecimiento en respuesta a la infusión aguda de L-Arginina, L-Ornitina y L-Prolina en ovejas prepúberes. <b>Patricio Orellana, Sergio Recabarren, Alejandro Lobos, Rodolfo Gañica y José Parilo</b>	151
<b>INGENIERIA AGRICOLA</b>	
Evaluación de sistemas de agitación en pulverizadoras hidroneumáticas en Argentina. <b>Alcides Di Prinzio L., Jorge Magdalena T. y Claudio Ayala V.</b>	157
Estudio comparativo de neumáticos simples y duales sobre un tractor de tracción delantera asistida. <b>Jorge Hilbert B., Omar Tesouro G., Guido Botta G., Pablo Davidof T. y Agustín Onorato B.</b>	163
La potencia y el costo del equipo. <b>Lidia Donato de Cobo y Mario Tesouro González</b>	169
Utilización de energía en la producción de naranja y limón en la zona central de Chile. <b>Edmundo Hetz H., Marcelo Retamal B. y Jean P. Joublan M.</b>	177
Estimación de la Ecuación de Coulomb para tres tipos de suelos. <b>Manuel Lineros P. y Edmundo Hetz H.</b>	183
<b>PRODUCCION VEGETAL</b>	
Efectos de tratamientos de presiembra a la semilla sobre algunos parámetros de calidad panadera de trigo. <b>Felicitas Hevia H., Huib Tollenaar G., Rosemarie Wilckens E. y Patricio Guerrero</b>	187
Ensayos no destructivos para la evaluación de la madurez post-recolección de aguacate. <b>Paulo César Correa, José Luis de la Plaza P. y Margarita Ruiz A.</b>	197
<b>SALUD ANIMAL</b>	
Biopsia muscular en <i>Gluteus medius</i> de equinos de tiro. <b>Guillermo Mora R., Armando Islas L., Manuel Quezada O., José L. López-Riveros, Patricia Pérez M. y Víctor Aedo L.</b>	201
<b>CIENCIAS FORESTALES</b>	
Razón de bifurcación, longitud de entrenudos y patrones de ramificación en <i>Cornus florida</i> L., un árbol del dosel inferior del este de Estados Unidos. <b>M. Loreto Minoletti O., Ralph E.J. Boerner y Kathleen E. Cochrane</b>	205
<b>MISCELANEOS</b>	
Rendimiento en Química General en Agronomía e Ingeniería Agrícola de la Universidad de Concepción y una universidad privada. <b>Guillermo Saavedra S. y Manuel Acuña G.</b>	211
<b>RESUMENES DE TESIS</b>	215
<b>NORMAS DE PUBLICACION</b>	231