

Estimación de la disponibilidad de frío invernal para cerezos de la zona norte de la provincia de Mendoza, Argentina

Naranjo, G. y E. Tersoglio

RESUMEN

Durante el reposo invernal los frutales de clima templado deben estar expuestos a bajas temperaturas para satisfacer sus necesidades de frío. La disponibilidad de frío varía entre regiones y entre años, y puede ser insuficiente para los cerezos. Por lo tanto cuando se desea incorporar el cultivo del cerezo a nuevas regiones se debe conocer previamente la disponibilidad de frío invernal. Los objetivos del presente estudio fueron: desarrollar un pronóstico para estimar la disponibilidad de frío invernal y calcular la probabilidad de satisfacer una determinada demanda de frío del año en curso. Los modelos mostraron que el porcentaje de variabilidad explicado de las unidades de frío Utah modificado en las fechas de referencias ($UFUM_{FR}$) varía entre 50 y 87% para Junín y entre 50 y 86% para San Martín. La probabilidad que posee Junín de alcanzar el valor medio de 884 unidades de frío Utah Modificado (UFUM) es 28%, mientras el valor medio de San Martín es 816 UFUM y su probabilidad es 16%. El pronóstico de frío invernal permitirá al productor evaluar los riesgos que posee su plantación de experimentar daños por falta de frío invernal y eventualmente ejecutar medidas correctivas.

Palabras clave: requerimiento de frío, cerezo, unidades de frío, pronóstico.

Naranjo, G. and E. Tersoglio, 2010. Winter chill availability estimation for sweet cherries in northern Mendoza province, Argentina *Agriscientia* XXVII: 35-42

SUMMARY

During the winter rest, fruit trees of temperate zones should be exposed to low temperatures in order to satisfy their chilling requirements. Chill availability varies through regions and years, and this may be insufficient for cherry trees. Therefore, when farmers want to incorporate new areas, they should be acquainted with winter chilling availability beforehand. The objectives of this study were:

to develop a prognosis to estimate the amount of winter chilling and to calculate the probability of satisfying the amount of chilling requirement of any given year. Models showed that the proportion explained by modified Utah chill units at reference date ($MUCU_{RD}$) varied between 50 to 87% for Junín and 50 to 86% for San Martín. For Junín, the probability to reach an average value of 884 chill units Utah modified (MUCU) is 28%, whereas the average value for San Martín is 816 MUCU and its probability correspond to 16%. The winter chill prognosis will allow the producer evaluates the risks which has its plantation suffer damage due to lack of winter chill and eventually implement corrective measures.

Key words: chilling requirements, sweet cherry, chill unit, prognosis.

G. Naranjo y E. Tersoglio. Laboratorio de Fruticultura, EEA Mendoza INTA. San Martín 3.853. CC3 (5507) Luján de Cuyo, Mendoza, Argentina. Correo electrónico a G. Naranjo: gnaranjo@mendoza.inta.gov.ar

INTRODUCCIÓN

Durante el invierno los árboles frutales de clima templado ingresan en un estado denominado reposo invernal. La forma natural de superar esta etapa es permaneciendo a bajas temperaturas, hasta satisfacer sus necesidades de frío. Este concepto tiene un aspecto cuantitativo, ya que depende del tiempo en el cual las plantas están expuestas a bajas temperaturas, y uno cualitativo, porque también depende del rango de temperaturas experimentadas. Ello significa que con un tiempo a ciertas temperaturas las plantas pueden superar el reposo invernal, pero con otras puede extenderse (Richardson *et al.*, 1974; Erez, 1995). Existen numerosos sistemas propuestos para medir el efecto del frío durante el reposo invernal. El presente trabajo utilizó el método Utah modificado de cálculo de unidades de frío (UFUM) actualmente en uso por el "Departamento de Investigación de Frutas y Nueces" de la Universidad de California (Seeley, 1996). Éste consiste en una ligera modificación del original propuesto por Richardson *et al.* (1974). El modelo de cálculo se basa en la variación del efecto de las distintas temperaturas sobre el progreso del reposo, en el cual a cada hora transcurrida en el periodo a considerar le corresponde un determinado valor de UFUM. Las UFUM permitieron interpretar con mayor claridad los síntomas de falta de frío invernal

experimentados en ambas regiones durante los años 1998 y 2003.

La falta de frío invernal afecta el crecimiento, el rendimiento, la calidad de los frutos, reduce la tasa diaria de floración y brotación, y favorece la desuniformidad en la misma planta y entre los cultivares. También se observa retraso en la brotación, incremento de la caída de yemas y reducción de la calidad de los frutos. Las ramas tienden a brotar sólo en los extremos. Las yemas florales presentan mayor proporción de anomalías en pistilos y estambres. Los frutos que parecían estar bien fecundados caen o permanecen pequeños, deformados y poco firmes (Couvillon, 1995; Erez, 1995; Byrne & Bacon, 2003).

El cerezo posee requerimientos de frío que deben ser satisfechos (Anderson *et al.*, 1986; Couvillon, 1995) y tales exigencias difieren entre variedades. Aunque es considerado exigente en frío, los productores insisten en cultivarlo en zonas más cálidas debido a los altos precios alcanzados por los frutos de primicia (Faust *et al.*, 1997). Dichas zonas generalmente están ubicadas en el umbral térmico para la producción del cerezo, con años en que la oferta de frío es suficiente para un grupo de variedades pero insuficiente para otras (Norvell & Moore, 1982; Seif & Gruppe, 1985; Tersoglio y Naranjo, 2007).

En la actualidad existen técnicas correctivas que permiten ya sea reducir los requerimientos de frío o reemplazar la falta de frío mediante métodos químicos (Erez, 1995; Jackson & Bepete, 1995; Küden *et al.*, 1997). Tales medidas deben ser aplicadas con gran anticipación, generalmente a principios del invierno (Walser *et al.*, 1981). Por lo tanto un método que pronostique las UFUM estimadas totales ($UFUM_{TE}$) puede ser una herramienta muy útil a la hora de decidir la aplicación de reemplazantes de frío.

El objetivo de este trabajo fue obtener un pronóstico con alguna medida de certidumbre que permita estimar la disponibilidad de frío del invierno en curso y la probabilidad de cumplir el requerimiento de frío, del año, de una determinada variedad.

MATERIALES Y MÉTODOS

Las zonas de estudio pertenecen a los departamentos de Junín y San Martín de la provincia de Mendoza, Argentina, ubicados a $33^{\circ} 08' S$, 669 msnm y $32^{\circ} 52' S$, 627 msnm respectivamente.

Las UFUM de las localidades citadas fueron calculadas sobre la base de temperaturas medias horarias registradas durante la serie de años 1998 - 2008 (Dirección de Agricultura y Contingencias Climáticas, 1998-2008).

Los valores UFUM se calcularon mediante el método Utah Modificado (Seeley, 1996). Se consideró como fecha de inicio de conteo de las UFUM cuando el 50% de hojas de los cerezos había caído (Couvillon, 1995; Ramina *et al.*, 1995). Como sólo se disponía de los datos de fecha de caída de hojas de los años 2003 al 2008, se seleccionó la fecha 6 días después de la primera helada, como un correcto estimador de la fecha de caída de hojas. La fecha de finalización corresponde a la fecha media de floración, 15 de setiembre. Todas las fechas fueron expresadas en días julianos (DJ).

Para efectuar el análisis estadístico se utilizaron los programas Table Curve 2D versión prueba, Statgraphics plus 4.1.

Pronóstico cuantitativo de la disponibilidad de frío invernal

La variabilidad de las UFUM totales observadas ($UFUM_{TO}$) entre los años se debió a la fecha de inicio de las mediciones. La acumulación de las UFUM de cada año estudiado se ajusta a un modelo lineal; consecuentemente la derivada de primer grado, que es la tasa de acumulación, es constante (Naranjo y Tersoglio, 2010). Por ello

éstas pueden ser utilizadas para estimar las UFUM totales ($UFUM_{TE}$). De modo que, para una fecha de referencia (FR), le corresponde cierta cantidad de UFUM ($UFUM_{FR}$), la cual se relaciona con el valor de $UFUM_{TO}$ a través de un modelo de regresión. Por lo tanto, para una serie de años en los cuales se han fijado las FR, se conocen los valores de $UFUM_{FR}$ y de $UFUM_{TO}$ es posible efectuar un pronóstico a través de un modelo estadístico que provea una medida de confiabilidad. Para calcular las $UFUM_{TE}$ se establecieron modelos de regresión, entre las $UFUM_{FR}$ y las $UFUM_{TO}$ con sus respectivos intervalos de predicción al 90%.

Las fechas de referencia seleccionadas (FR) fueron 161, 182, 201, 213 y 222 DJ, que correspondieron a las fechas 10 de junio, 01 y 20 de julio, 01 y 10 de agosto.

Estimación de la probabilidad

Para el cálculo de la probabilidad de alcanzar determinado valor de UFUM durante el año en curso se utilizó el modelo de regresión logística. Para cada localidad los años fueron clasificados según si las $UFUM_{TO}$ fueron menores o mayores a 900.

Se transformó la variable respuesta continua ($UFUM_{TO}$) en dicotómica. Para ello a cada intervalo de clase se le asignó un valor 1-0 según si alcanzó o no las $UFUM_{TO}$. Cada intervalo de clase abarcó 100 UFUM. El rango utilizado en los cálculos fue de 100 a 1800 UFUM.

La proporción de casos en los cuales se cumple la condición binomial requerida es estrictamente decreciente ya que, a medida que se incrementan las UFUM de cada intervalo, la probabilidad de cumplimiento es menor. Ello satisface la condición de una distribución acumulada logística. El modelo de regresión logística se basa en el método de la máxima verosimilitud, mediante el cual es posible seleccionar el modelo con mayor probabilidad de ocurrir, mediante el análisis de la desviación o "deviance" del modelo logístico estimado, se describe la calidad del algoritmo establecido (Díaz y Demetrio, 1998).

Para establecer la probabilidad que presenta el año en curso de alcanzar un determinado requerimiento, primero se seleccionó el modelo de distribución de probabilidades según las $UFUM_{TE}$ sean mayores o menores de 900. Finalmente, conocida la necesidad de frío de una determinada variedad se puede estimar la probabilidad de cumplir su requerimiento (P_{CUFUM}) en cada una de las localidades del año en curso.

RESULTADOS

Cálculo de las $UFUM_{TE}$ y estimación de la capacidad predictiva de los modelos

Para calcular $UFUM_{TE}$ se seleccionó el mejor modelo de ajuste $UFUM_{FR} - UFUM_{TO}$ de los años estudiados. Se calcularon tantos modelos como FR se prefijaron en cada zona analizada con los respectivos intervalos de predicción del 90%.

La Tabla 1 muestra los mejores modelos $UFUM_{FR} - UFUM_{TE}$ calculados en ambas localidades y en cada FR con sus respectivos estadísticos de bondad de ajuste. Los modelos correspondientes a las FR 01-07 al 01-08 presentan un porcentaje de la variabilidad explicado por las $UFUM_{FR}$ que oscila entre 73 y 83% para Junín y entre 83 y 84% para San Martín.

Se observa que a medida que la FR se acerca a la fecha final de conteo (15-09), mayor es la calidad del ajuste, con un incremento del coeficiente de determinación (R^2). Sin embargo, como la FR está cada vez más cerca de la fecha final de conteo, el valor pronóstico de los modelos se reduce.

Las Figuras 1, 2 y 3 muestran las relaciones entre las $UFUM_{FR} - UFUM_{TE}$ del departamento de Junín, y las Figuras 4, 5 y 6, las del departamento de San Martín. En cada departamento se graficaron los modelos correspondientes a las FR 01 y 20 de julio y 01 de agosto.

Para una misma fecha, al incrementarse las $UFUM_{FR}$ se incrementan las $UFUM_{TE}$. Mientras que, para una misma cantidad de $UFUM_{FR}$, a medida que la FR avanza las $UFUM_{TE}$ se reducen. Generalmente se observa que a medida que avanza la FR las $UFUM_{FR}$ son mayores, ya que generalmente hay acumulación de frío.

En Junín se observó que cuando en la FR_{213} se registran 549 UF el modelo pronosticó una media de 900 $UFUM_{TE}$, mientras que los límites de predicción al 90% oscilan entre 680 y 1129 $UFUM$ (Tabla 1; Figura 3). Por lo tanto, la amplitud del intervalo de predicción fue de 449 $UFUM$. Igualmente en la FR_{213} y en San Martín se observó que con 476 $UFUM_{FR}$ en la FR_{213} el modelo estimó una media de 900 $UFUM_{TE}$ y los límites de predicción oscilan entre 684 y 1116 $UFUM$ con una amplitud de 430 $UFUM$ (Tabla 1; Figura 6).

Tabla 1. Modelos de ajuste y estadígrafos de bondad de ajuste entre $UFUM_{FR}$ y $UFUM_{TE}$ según la zona y FR.

Localidad	FR		Modelo $UFUM_{FR} - UFUM_{TE}$	Valor	R^2	EE	
	DJ	Fecha				a	b
Junín	161	10-06	$UFUM_{TE} = 824 + 1,17 E-05 \cdot UFUM^3$	1E-02	0,50	65	4
	182	01-07	$UFUM_{TE} = 587 + 22,89 \cdot UFUM^{0,5}$	7E-04	0,73	69	4,5
	201	20-07	$UFUM_{TE} = 212 + 34,19510161 \cdot UFUM^{0,5}$	9E-05	0,83	104	5
	213	01-08	$UFUM_{TE} = 174 + 4,90 \cdot UFUM^{0,5} \cdot LN(UF)$	9E-05	0,83	109	0,7
	222	10-08	$UFUM_{TE} = -197 + 43,89 \cdot UFUM^{0,5}$	3E-05	0,87	144	5,7
San Martín	161	10-06	$UFUM_{TE} = 707 + 22,83 \cdot UFUM^{0,5}$	1E-02	0,50	60	7,6
	182	01-07	$UFUM_{TE} = 443 + 27,64 \cdot UFUM^{0,5}$	2E-04	0,83	64	4,2
	201	20-07	$UFUM_{TE} = 117 + 35,87 \cdot UFUM^{0,5}$	3E-04	0,84	103	5,1
	213	01-08	$UFUM_{TE} = -132 + 42,16 \cdot UFUM^{0,5}$	2E-04	0,84	140	6,1
	222	10-08	$UFUM_{TE} = -257 + 44,46 \cdot UFUM^{0,5}$	2E-04	0,86	147	6

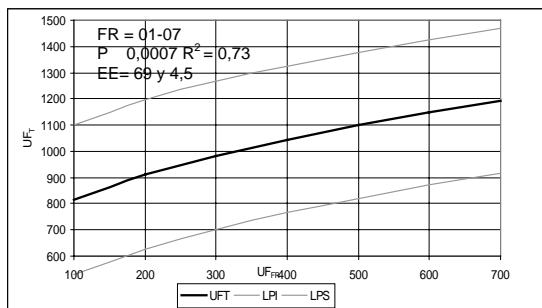


Figura 1. Relación entre las $UFUM_{FR}$ observadas el 01-07 (182 DJ) y las $UFUM_{TE}$ con sus respectivos intervalos de predicción 90%, departamento de Junín, Mendoza.

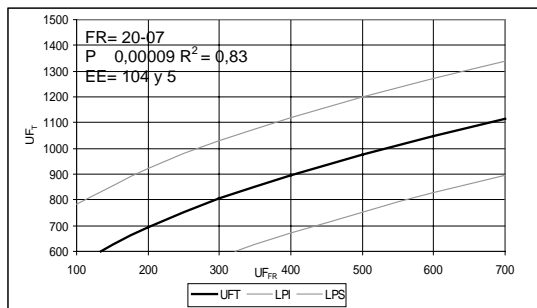


Figura 2. Relación entre las $UFUM_{FR}$ observadas el 20-07 (201 DJ) y las $UFUM_{TE}$ con sus respectivos intervalos de predicción 90%, departamento de Junín, Mendoza.

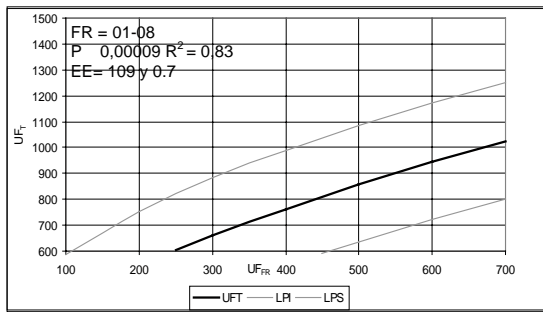


Figura 3. Relación entre las $UFUM_{FR}$ observadas el 01-08 (213 DJ) y las $UFUM_{TE}$ y sus respectivos intervalos de predicción 90%, departamento de Junín, Mendoza.

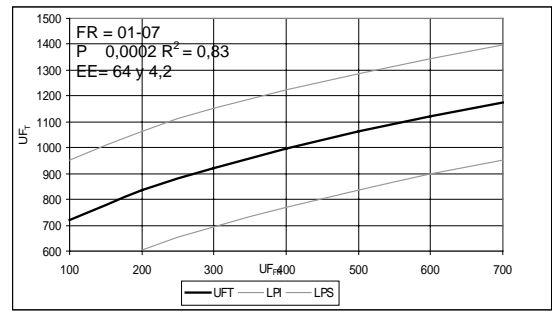


Figura 4. Relación entre las $UFUM_{FR}$ observadas el 01-07 (182 DJ) y las $UFUM_{TE}$ y sus respectivos intervalos de predicción 90%, departamento de San Martín, Mendoza.

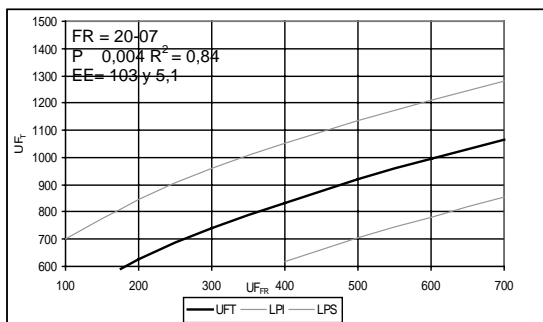


Figura 5. Relación entre las $UFUM_{FR}$ observadas el 20-07 (201 DJ) y las $UFUM_{TE}$ y sus respectivos intervalos de predicción 90%, departamento de San Martín, Mendoza.

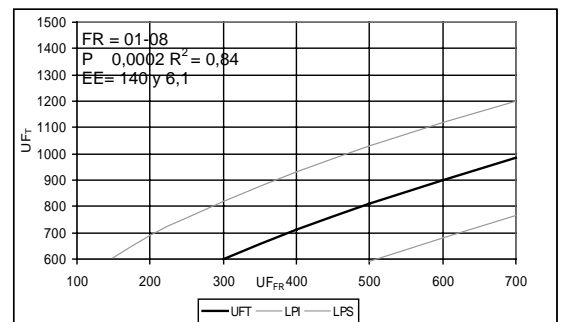


Figura 6. Relación entre las $UFUM_{FR}$ observadas el 01-08 (213 DJ) y las $UFUM_{TE}$ y sus respectivos intervalos de predicción 90%, departamento de San Martín, Mendoza.

Tales valores de amplitud indican que si bien el pronóstico ofrece una información valiosa que da noción de la futura disponibilidad de frío, el cual no posee suficiente precisión para argumentar toma de decisiones. Por lo tanto, el desarrollo de un método que permita calcular la probabilidad del año en curso de experimentar una determinada oferta de frío, es la herramienta que complementa el pronóstico de $UFUM_{TE}$ y que permitiría tomar de decisiones asumiendo riesgos calculados.

Estimación de la probabilidad

La Tabla 2 muestra los modelos de la función de enlace de la regresión logística para cada una de las localidades estudiadas y según los intervalos de clase fijados a través de las $UFUM_{TO}$.

Los estadísticos de bondad de ajuste de los modelos de función de enlace de ambas zonas se muestran en la Tabla 3. Debido a que en todos los modelos los valores $P_{(modelo)}$ son menores de 0,01, existe una relación, $UFUM_{TO} - P_{CUFUM}$ con un significancia estadística. La variabilidad de las $UFUM_{TO}$ del departamento de Junín explica el

76,7% y el 78,8% de la variabilidad encontrada en los valores de probabilidad de los años con menos y más de 900 $UFUM_{TO}$ respectivamente. Mientras que la variabilidad de las $UFUM$ del departamento de San Martín explica el 74,9% y el 82,5% de la variabilidad encontrada en los valores de probabilidad para años con menos y más de 900 $UFUM_{TO}$ respectivamente. El valor de la probabilidad de los residuos del análisis de la desviación estimado en los modelos de ambas zonas es mayor o igual que 0,1, lo que indica que el algoritmo establecido es el mejor posible para los datos analizados a un nivel de confianza igual o mayor del 90%. El valor $P\chi^2$ indica que la función logística de todos los modelos ajusta adecuadamente a un nivel de confianza igual o mayor del 90%. El valor de la probabilidad de la prueba de proporción de verosimilitud (P_{pv}) es menor de 0,01 en todos los modelos, por lo que no puede ser simplificado con un nivel de confianza del 99%.

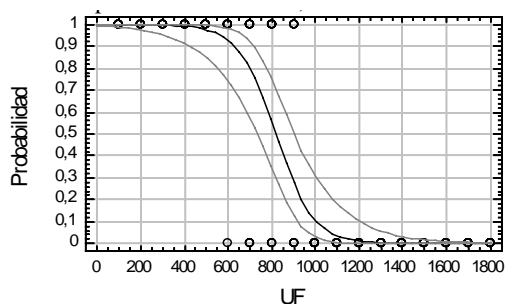
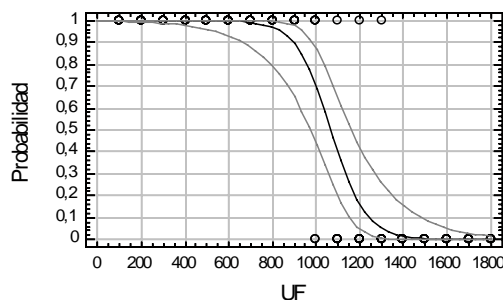
Las Figuras 7 y 8 muestran las P_{CUFUM} en los años con disponibilidad estimada menor y mayor

Tabla 2. Modelos de estimación de P_{CUFUM} *

Localidad	Según pronóstico $UFUM_{TE}$	Modelo para la estimación de la P_{CUFUM}
Junín	Menor de 900	$P_{CUFUM} = e^{(9,42 - 0,0115 \cdot UFUM)} \cdot (1 + e^{(9,42 - 0,0115 \cdot UFUM)})^{-1}$
	Mayor de 900	$P_{CUFUM} = e^{(13,47 - 0,01258 \cdot UFUM)} \cdot (1 + e^{(13,47 - 0,01258 \cdot UFUM)})^{-1}$
San Martín	Menor de 900	$P_{CUFUM} = e^{(8,15 - 0,0108 \cdot UFUM)} \cdot (1 + e^{(8,15 - 0,0108 \cdot UFUM)})^{-1}$
	Mayor de 900	$P_{CUFUM} = e^{(16 - 0,0152382 \cdot UFUM)} \cdot (1 + e^{(16 - 0,0152382 \cdot UFUM)})^{-1}$

Tabla 3. Estadígrafos de bondad de ajuste de los modelos logísticos de P_{CUFUM} *

Localidad	Intervalo de clase de año según $UFUM_{TE}$	Análisis de la desviación		% desviación explicado	Prueba de bondad de ajuste. Valor de $P\chi^2$	Valor P_{pv}
		Valor $P_{(modelo)}$	Valor $P_{(residuo)}$			
Junín	Menor de 900	0	1	76,7	0,66	0,000
	Mayor de 900	0	1	78,8	0,98	0,000
San Martín	Menor de 900	0	1	74,9	0,88	0,000
	Mayor de 900	0	1	82,5	0,86	0,000

**Figura 7** Modelo de estimación de la P de alcanzar $UFUM$ cuando la $UFUM_{TE}$ es menor de 900. Departamento de Junín, Mendoza.**Figura 8.** Modelo de estimación de la P de alcanzar $UFUM$ cuando la $UFUM_{TE}$ es mayor de 900. Departamento de Junín, Mendoza.

de 900 $UFUM_{TO}$ del departamento de Junín y las Figuras 9 y 10 las del departamento de San Martín. Las figuras indican la P_{CUFUM} que posee el año en curso de cumplir cierto umbral de oferta de frío cuando las $UFUM_{TE}$ están dentro de los intervalos establecidos.

La Tabla 4 muestra las P_{CUFUM} en función del departamento y de las $UFUM_{TE}$ del año. También se muestran los valores de los límites de predicción inferior y superior de la probabilidad, con un nivel de confianza del 95%. Se observa que para una misma localidad y valor de $UFUM_{TE}$, a medida que los requerimientos aumentan, la probabilidad de alcanzarlos disminuye. Además, a mayor $UFUM_{TE}$ más altas serán las P_{CUFUM} .

El departamento de Junín presenta un valor medio anual de 884 $UFUM$ (menor de 900 $UFUM$), por lo tanto se analiza la curva de la Figura 7 y los correspondientes datos de la Tabla 4. Ambas indican que en Junín, en tales condiciones, la P_{CUFUM} para 900 $UFUM$ es aproximadamente 28%

y de alcanzar 1100 $UFUM$ es sólo 4%. Mientras que en San Martín (Figura 9 y Tabla 4), las probabilidades son de 16% y 2% para 900 y 1100 $UFUM$ respectivamente.

DISCUSIÓN

Los antecedentes climáticos de la provincia de Mendoza indican que la disponibilidad de frío invernal presenta grandes variaciones con la altura y con los años, aun en la misma latitud, lo que genera diferencias en los rendimientos (Gariglio *et al.*, 2006; Damario *et al.*, 2007; Tersoglio y Naranjo, 2007). Mientras que en zonas como la cuenca Mediterránea, las oscilaciones interanuales son bajas y se presentan disponibilidades de frío constantes (Albuquerque *et al.*, 2008). Ello indica que disponer de una herramienta predictiva que permita pronosticar la disponibilidad de frío reviste importancia.

Diversos autores han desarrollado modelos

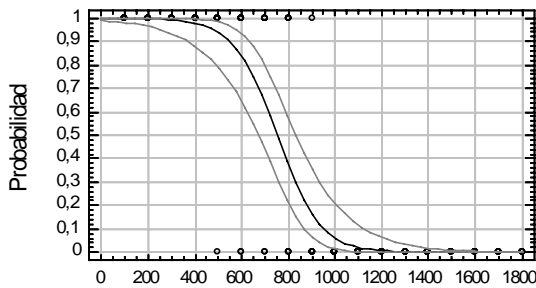


Figura 9 Modelo de estimación de la P de alcanzar UFUM cuando la UFUM_{TE} es menor de 900. Departamento de San Martín, Mendoza.

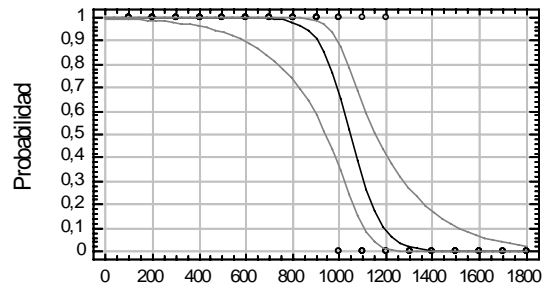


Figura 10. Modelo de estimación de la P de alcanzar UFUM cuando la UFUM_{TE} es mayor de 900. Departamento de San Martín, Mendoza.

Tabla 4. Porcentaje de P_{CUFUM} según diferentes requerimientos con sus correspondientes límites superior e inferior de predicción (LI y LS) al 95% de confianza, según las UFUM_{TE}.

Localidad	UFUM _{TE}	P _{CUFUM} según requerimiento de frío											
		500			700			900			1100		
		LI	media	LS	LI	media	LS	LI	media	LS	LI	media	LS
Junín	Menor 900	85	97	100	57	79	92	13	28	50	1	4	18
	Mayor 900	96	100	100	87	99	100	65	89	97	20	41	65
San Martín	Menor 900	79	94	98	43	63	79	6	16	36	0	2	12
	Mayor 900	93	100	100	83	100	100	58	91	99	11	32	63

con el objetivo de vincular un determinado evento fenológico con la disponibilidad de frío invernal (Cannell & Smith, 1983; Hunter & Lechowicz, 1992; De Melo *et al.*, 2004). A su vez, otros proponen nuevos modelos de cálculo de frío invernal que mejoran la calidad de los pronósticos fenológicos (Richardson *et al.*, 1974; Erez *et al.*, 1979; Cannell & Smith 1983; Shaulout & Unrath, 1983; Schwartz *et al.*, 1997; Cesaraccio *et al.*, 2004). Mientras que los modelos propuestos en el presente estudio permiten establecer, con suficiente antelación, la cantidad de frío invernal que recibirán los cerezos y posibilita estimar eventuales déficit de frío. Además, el cálculo de la probabilidad de cumplir las UFUM constituye la herramienta complementaria que contribuye a mejorar la calidad de las decisiones asumiendo riesgos calculados. También permitirá seleccionar las variedades que mejor se adapten a cada región, evaluar los riesgos de experimentar daños por falta de frío y posibilitar la aplicación de eventuales medidas correctivas.

La metodología propuesta y los resultados estimados han sido validados durante el periodo 2007-2009. Como resultado de ello se observa que los datos pronosticados son semejantes a los observados (Tersoglio y Naranjo, 2009). Así mismo, tal información representa un importante avance para la zona ya que establece indicios claros sobre la inestabilidad y eventualmente déficit de oferta

de frío, lo cual puede ocasionar pérdidas en el cultivo del cerezo.

BIBLIOGRAFÍA

Albuquerque, N.; F. García Montiel, A. Carrillo y L. Burgos, 2008. Chilling and heat requirements of sweet cherry cultivars and the relationship between altitude and the probability of satisfying the chill requirements. *Environ. Exp. Bot.* 64: 162-170.

Anderson, J.; E. Richardson and C. Kesner, 1986. Validation of chill unit and flower bud phenology models for Montmorency sour cherry. *Acta Hort.* 184: 71-78.

Byrne, D. and T. Bacon, 2003. Chilling accumulation : its Importance and Estimation. <http://aggie-horticulture.tamu.edu/stonefruit/chillacc.htm> (Consulta 2008).

Cannell, M. and R. Smith, 1983. Thermal time, chill days and prediction of budburst in *Picea sitchensis*. *J. App. Ecol.* 20: 951-963.

Cesaraccio, C.; D. Spano, R. Zinder and P. Duce, 2004. Chilling and forcing model to predict bud burst of crop and forest species. *Agric. For. Meteorol.* 126: 1-13.

Couvillon, G., 1995. Temperature and stress effects on rest in fruit trees: a review. *Acta Hort.* 395: 11-19.

Damario, E.; A. Pascale y R. Hurtado, 2007. Frío invernal disponible para frutales criófilos en la región de Cuyo

- (Argentina). Rev. Fac. Agron. UBA 27: 83-95.
- De Melo, J.; D. Barranco, A. Cordeiro, J. Tous, B. Rogado y F. Villalobos, 2004. Modelling olive flowering date using chilling for dormancy release and thermal time. Agric. For. Meteor. 125: 117-127.
- Díaz, M. y C. Demetrio, 1998. Introducción a los Modelos Lineales Generalizados. Su aplicación en las ciencias biológicas. Editorial Screen. 105 pp.
- Dirección de Agricultura y Contingencias Climáticas, 1998-2008. Archivos de temperaturas horarias de la Provincia de Mendoza. Gobierno de Mendoza.
- Erez, A.; G. Couvillon and C. Hendershott, 1979. Quantitative chilling enhancement and negation in peach buds by high temperatures in daily cycle. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 108: 536-540.
- Erez, A., 1995. Means to compensate for insufficient chilling to improve bloom and leafing. Acta Hort. 395: 81-95.
- Faust, M.; A. Erez, L. Rowland, H. Wang and S. Norman, 1997. Bud dormancy in perennial fruit trees: physiological basis for dormancy induction, maintenance and release. HortScience 32: 623-629.
- Gariglio, N.; V. Dosis, P. Leiva, M. García y C. Bouzo, 2006. Acumulación de horas de frío en la zona centro-oeste de Santa Fe (Argentina) para frutales caducifolios. Hort. Arg. 25: 26-32.
- Hunter, A. and M. Lechowicz, 1992. Predicting the timing of budburst in temperate trees. J. Appl. Ecol. 29: 597-604.
- Jackson, J. and M. Bepete, 1995. The effect of hydrogen cyanamida (Dormex) on flowering and cropping of different apple cultivars under tropical conditions of sub-optimal winter chilling. Sci. Hort. 60: 293-304.
- Küden, A.; A. Küden and N. Kaska, 1997. Cherry Growing in the subtropics. Acta Hort. 441: 71-74.
- Naranjo, G. y E. Tersoglio, 2010. Características de la oferta de frío invernal para cerezos de la zona norte de la provincia de Mendoza, Argentina. Agriscientia XXVII: 27-34.
- Norvel, D. and J. Moore, 1982. An evaluation of chilling requirements models for estimating rest requirements of highbush blueberries. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 107: 54-56.
- Ramina, A.; M. Colauzzi, A. Masia, A. Pitaco, T. Caruso, R. Messina and G. Scarabelli, 1995. Hormonal and climatological aspects of dormancy in peach buds. Acta Hort. 395: 35-46.
- Richardson, E.; S. Seeley and R. Walter, 1974. A model for estimating the completion of rest for "Redhaven" and "Elberta" Peach Trees. HortScience 9: 331-332.
- Seeley, S., 1996. Modelling climatic regulation of bud dormancy. En: Lang, G.L. (Ed.) Plant Dormancy: Physiology, biochemistry, and molecular biology. CAB Int. Wallingford, Oxon, UK. pp 361-376.
- Seif, S. and W. Gruppe, 1985. Chilling requirements of sweet cherries (*Prunus avium*) and interespecific cherry hybrids. Acta Hort. 169: 289-294.
- Schwartz, M.; G. Carbone, G. Reighard and W. Okie, 1997. A model to predict peach phenology and maturity using meteorological variables. HortScience 32: 213-216.
- Shaultout, A. and C. Unrath, 1983. Rest completion prediction model for Starkrimson delicious apples. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 56: 957-961.
- Tersoglio, E. y G. Naranjo, 2007. Modelo de estimación de disponibilidad de frío invernal de áreas productoras de cerezas de Mendoza, Argentina. Parte II. ITEA 103: 198-211.
- Tersoglio, E. y G. Naranjo, 2009. Validación del Sistema de Pronóstico de Frío Invernal para cerezos. Disponible en http://www.inta.gov.ar/mendoza/invest/Validacion_UF.htm (consulta 2010).
- Walser, R.; D. Walker and D. Seeley, 1981. Effect of temperature, fall defoliation and gibberellic acid on the rest period of peach leaf bud. J. Amer. Hort. Sci. 106: 91-94.