

## Características del frío invernal de las zonas productoras de cerezas de la provincia de Mendoza, Argentina. Parte I

E. Tersoglio\*, G. Naranjo\*

\* Laboratorio de Fruticultura. EEA Mendoza INTA. CC3. (5507) Luján de Cuyo, Mendoza, Argentina. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria INTA. San Martín 3.853 Luján de Cuyo, Mendoza, Argentina. CC3 CP 5507

### Resumen

Los frutales de clima templado superan la etapa de reposo mediante la exposición a bajas temperaturas. La falta de frío invernal afecta la calidad de la fruta y reduce los rendimientos del cultivo del cerezo. El tiempo necesario en el cual los tejidos deben permanecer a bajas temperaturas para experimentar una brotación y floración normal durante la primavera se denomina necesidades de frío. Para medirlo se utilizó el método de las unidades de frío (UFUM) calculadas mediante el sistema Utah modificado por la UC Davis. El estudio se realizó en dos zonas productoras de cerezas, pertenecientes a los departamentos Luján de Cuyo y Tupungato de la provincia de Mendoza, Argentina. Se observó una reducción masiva de la producción en coincidencia con años con baja disponibilidad de frío invernal. Debido a las particularidades fisiológicas de la especie y a la variabilidad anual que presentan las temperaturas de las zonas es necesario estudiar su perfil térmico con especial referencia a las características del frío invernal. Luján de Cuyo posee un valor medio de 1.106 UFUM, suficientes para variedades de requerimientos bajos a medios. El 90% de los ciclos invernales oscilaron entre 824 y 1.388 UFUM, por lo que algunos años la disponibilidad es suficiente sólo para las variedades de bajos requerimientos. Tupungato tiene una media anual de 1.445 UFUM lo que indica que posee suficiente frío para satisfacer altos requerimientos. Sin embargo el 90% de los ciclos invernales estudiados oscilaron entre 1.152 y 1.738 UFUM existiendo años en los que la disponibilidad fue suficiente sólo para variedades de requerimientos medios y bajos. La probabilidad de cumplir 1.400 UFUM en Luján de Cuyo fue del 18%, mientras que en Tupungato fue del 66%. Estos estudios establecen los lineamientos necesarios para realizar una zonificación varietal basada en una importante limitación ecofisiológica del cerezo, mejorando la productividad de las áreas en estudio.

**Palabras clave:** requerimiento de frío, cerezo, unidades de frío, disponibilidad de frío.

### Summary

#### Characteristics of winter chill of cherry areas of Mendoza province, Argentina. Part I

The temperate fruit tree climate overcomes the dormancy stage by exposure to low temperatures. The lack of winter chill affects sweet cherry quality and yields of cherry crops. The time which these plants should remain under low temperatures is denominated chilling requirement. This is essential to obtain a normal leafing and blooming. This study used the chill unit (CUUM) method calculated by Utah model modify by Fruit & Nut Research Information Center, UC Davis. This study was carried out on two cherry producer counties, Luján de Cuyo and Tupungato of Mendoza Province, Argentine. Those areas have experimented significant yields reduction each time the chilling offer was not enough. Because of this specie have specific physiologic requirement and these areas have great annual temperatures variability, it is necessary to study its climatic profile in reference to winter chilling. Luján de Cuyo County had a mean of 1.106 CUUM, enough for varieties with low and intermediate requirements. Ninety percent of winters fluctuated between 824 and 1.388 CUUM. Consequently some years the chilling availability could be enough only for low chill requirements varieties. Tupungato has a mean

of 1.445 CUUM, indicating that it was enough for high requirements varieties. However ninety percent of winters, CU oscillated between 1.152 y 1.738 CUUM indicating there was years that winter chilling was enough for intermediate requirements varieties. The estimated probability to attain 1.400 CUUM, at Luján de Cuyo County was 18%, while at Tupungato County was 66%. These studies establish the bases to develop a varietal zonation based on an important limitation of sweet cherry, improving its productivity and development.

**Key words:** chilling requirement, sweet cherry, chill unit, chilling availability.

## Introducción

Durante el invierno, los árboles de clima templado ingresan en un estado denominado dormancia, el cual les permite sobrevivir condiciones climáticas adversas. Faust *et al.* (1997) distinguen tres etapas de dormancia, la paradormancia, la endodormancia y la ecodormancia. La endodormancia es la más profunda y sólo puede ser superada si los tejidos son previamente expuestos al frío por períodos que varían según la especie y variedad. Se denomina necesidades de frío al tiempo en el cual las plantas deben estar expuestas a bajas temperaturas para lograr una brotación normal en la primavera siguiente. Este concepto tiene tanto un aspecto cuantitativo por depender del tiempo en el cual las plantas están expuestas a las bajas temperaturas, como otro cualitativo ya que dicha acumulación se relaciona con el rango de temperaturas experimentadas (Erez, 1995).

El cerezo es considerado una especie exigente en frío invernal, sus requerimientos deben estar satisfechos para obtener producciones rentables (Couvillon, 1995; Young *et al.*, 1995; Erez, 1995, Tersoglio *et al.*, 2005). Por ello, la falta de frío invernal reduce la velocidad de la floración y brotación e incrementa la desuniformidad entre variedades, afectando la fecundación sobre todo en variedades autoestériles (Byrne *et al.*, 2003). La coexistencia de flores y brotes maximiza los efectos negativos de la com-

petencia fuente-sumidero perjudicando la fecundación (Erez, 1995).

Los requerimientos de frío varían entre variedades. Según Seif *et al.* (1985) las variedades Early Burlat y Van requieren 1.300 UFUM calculadas con el método Norvell. Tersoglio *et al.* (2005) encontraron que Marvin 4-70, Celeste, Garnet poseen requerimientos medios ya que necesitan menos de 1.200 UFUM Utah para obtener una brotación del 90% después de dos semanas de calor. Mientras que en condiciones semejantes Bing, considerada de altos requerimientos necesita 1.400 UFUM y Rubí, de bajas exigencias, demanda menor de 900 UFUM.

El objetivo del presente trabajo fue definir el perfil climático de las zonas estudiadas con especial referencia a las características del frío invernal. Para ello se realizó un análisis descriptivo de la calidad de frío invernal, se estableció la relación tiempo-acumulación de UFUM y se estimó la probabilidad de satisfacer los requerimientos de frío de las variedades de cada zona.

## Material y método

El estudio se realizó en dos zonas productoras de cerezas, distrito Mayor Drumond departamento Luján de Cuyo (33° 02' de LS y 950 msnm) y El Peral, Tupungato (33° 22' LS y 1.100 msnm) de la provincia de Mendoza.

Los conteos de UFUM fueron iniciados en fecha correspondiente a seis días después de la primera helada, la cual permitió estimar correctamente el 50% de caída de hojas (Richardson, 1975; Couvillon, 1995; Ramina, 1995). La fecha de finalización corresponde a la fecha media de floración, estimada el día 15 de setiembre. Para los cálculos, el tiempo se expresó en días julianos (DJ).

El método utilizado para medir el efecto del frío durante el reposo invernal es el de Utah modificado (UFUM) por la UC Davis. El mismo consiste en una ligera modificación de los rangos originales propuestos por Richardson, (1974). Se basa en una ponderación del efecto de las temperaturas, dando un valor máximo unitario a temperaturas entre 2,2 y 8,9°C. La mitad de una UFUM es asignada a temperaturas entre 1,1 y 2,2°C y entre 8,9 y 12,2°C. Cuando la temperatura oscila entre 15,6 y 18,3°C se sustrae media UFUM por cada hora y cuando supera esta última se elimina toda una UFUM. (Seeley S.D. 1996; UC FRUIT & Nut Research Information Center, 2006).

El cálculo de UFUM requiere datos horarios de temperaturas. Es necesario además definir la clase de temperatura medida, sea la del abrigo meteorológico, sea la de la madera del frutal o la del aire, ya que ello influye en los cálculos de las UFUM (Anderson *et al.*, 1986). Las UFUM de Luján de Cuyo fueron calculadas en base a datos de temperaturas máximas y mínimas del abrigo meteorológico de la serie de años 1990 - 2006 (Ortiz, 1990-2006). La estimación de las temperaturas horarias se obtuvo mediante interpolación de las temperaturas máximas y mínimas diarias con los modelos "seno-logarítmico" (Linvill, 1990; Linsley-Noakes *et al.*, 1995). Los cálculos de las UFUM correspondiente a Tupungato se realizaron con datos de temperaturas horarias de los años 1998 al 2006 (Dirección de Contingencias Climáticas, 1998-2006).

## 1. Estudios descriptivos de la disponibilidad de frío

Se determinó la fecha de inicio del conteo, se calcularon las UFUM y las correspondientes tasas medias diarias de cada año y se estimaron las respectivas medias, coeficiente de variación (CV) y desviación estándar (DE) de cada zona.

Se calcularon las fechas medias, más tempranas, más tardías y su correspondiente amplitud en las que se alcanzaron entre las 500 y 1.500 UFUM y entre las 800 y 1.800 UFUM en incrementos de 100, para los departamentos Luján de Cuyo y Tupungato respectivamente.

Se establecieron los modelos que relacionan el tiempo medido en DJ y las UFUM mediante los programas informáticos Table Curve 2D y Statistix 1.0.

El efecto "año" sobre la relación DJ-UFUM se estudió mediante el método de las regresiones anidadas, estableciendo si el origen de las eventuales diferencias se debe a la fecha de inicio o a la tasa de acumulación de UFUM (Mendenhall *et al.*, 1995).

## 2. Estimación de la probabilidad

La probabilidad que posee cada zona de estudio de alcanzar un determinado valor de UFUM fue calculada utilizando el modelo de regresión no lineal logístico. Mediante la asignación de valores "0" ó "1" a cada intervalo de 100 UFUM, dentro del rango de estudio 100 a 2.000 UFUM, se transformó la variable continua UFUM en dicotómica. Por lo tanto para cada año en estudio y para cada incremento de UFUM correspondió el valor 0 ó 1 según si las UFUM del intervalo fueron o no alcanzadas respectivamente. En consecuencia, la variable dicotómica depende de la exigencia preestablecida en la varia-

ble cuantitativa y permite así obtener una respuesta binomial en cada rango de UFUM.

El análisis logístico considera la variable dependiente como una proporción de casos en los cuales es cumplida la condición binomial requerida. Se trata de una función estrictamente decreciente ya que, a medida que se incrementa el valor del intervalo de UFUM que debe ser alcanzado, se reduce la probabilidad de su cumplimiento. Ello satisface la definición de distribución acumulada logística (Díaz y Demetrio, 1998; Infostat, 2004).

Los análisis estadísticos se realizaron con Statgraphics plus 4.1.

## Resultados y Discusión

### 1. Disponibilidad de UFUM por región y por año

El departamento de Luján de Cuyo mostró un valor promedio de 1.106 UFUM. Sin embargo el CV y su DE fueron 26% y 282 respectivamente, indicando que oscilaron entre 824 y 1.388 UFUM en el 90% de los ciclos invernales estudiados. La fecha media de inicio de conteo fue el 27 de mayo y la tasa media de acumulación diaria de 9,9 UFUM·DJ<sup>-1</sup>. Los correspondientes CV y DE indican que tanto la fecha de inicio del conteo como las tasas de incremento varían con los años (tabla 1).

Tabla 1. Disponibilidad de frío invernal, tasas media diaria de UF, y fecha de inicio por departamento, provincia Mendoza  
Table 1. Winter chilling availability, CU diary means rates and initial date by county of Mendoza Province

Año	Luján			Tupungato		
	UF <sub>acumulada</sub>	Tasa media diaria (UF DJ <sup>-1</sup> )	Fecha de inicio	UF <sub>acumulada</sub>	Tasa media diaria (UF DJ <sup>-1</sup> )	Fecha de inicio
1990	1.302	8,8	23-Abr	sd	sd	sd
1991	1.238	9,7	10-May	sd	sd	sd
1992	1.177	11,1	02-Jun	sd	sd	sd
1993	1.047	9,6	30-May	sd	sd	sd
1994	767	9,8	30-Jun	sd	sd	sd
1995	1.059	9,3	25-May	sd	sd	sd
1996	990	9,5	04-Jun	sd	sd	sd
1997	1.139	10,1	27-May	sd	sd	sd
1998	833	7,1	21-May	898	11,3	29-Jun
1999	808	6,4	13-May	1.558	10,6	21-Abr
2000	1.088	11,5	12-Jun	1.603	12,4	10-May
2001	1.567	11,8	06-May	1.894	13,3	04-May
2002	999	9,5	04-Jun	1.400	10,3	02-May
2003	545	9,7	14-Jul	1.116	10,1	08-Jun
2004	1.569	12,2	11-May	1.628	12,6	11-May
2005	1.505	11,9	12-May	1.512	11,9	12-May
2006	1.176	10,1	24-May	1.393	12,0	24-May
Media	1.106	9,9	27-May	1.445	12	17-May
CV	26	15,8	14	20	10	15
DE	282	1,6	20	293	1	21

La acumulación media en Tupungato fue 1.445 UFUM oscilando entre 1.152 y 1.738 UFUM en el 90% de los años. La fecha media de inicio del conteo correspondió al 17 de mayo (138 DJ) y la tasa media diaria de acumulación fue 12 UFUM·DJ<sup>-1</sup>. La DE y el CV indicaron que el inicio y la tasa media de acumulación de las UFUM variaron con los años (tabla 1).

La mayor disponibilidad de UFUM del departamento Tupungato se debe a que la fecha de inicio del conteo es más temprana y que la tasa media de acumulación es más alta que las registradas en el departamento de Luján de Cuyo.

Las medidas de variabilidad (CV, DE) de las UFUM, de las tasas medias anuales y de las fechas de inicio de ambos departamentos indican que los valores de Tupungato son más estables, a través de los años, que los correspondientes a Luján de Cuyo.

## 2. Análisis descriptivo de la calidad del frío invernal

### *Mayor Drumond, Luján de Cuyo, Mendoza*

La tabla 1 indica que, Luján de Cuyo, alcanzó todos los años 500 UFUM, que las 1.100 UFUM son satisfechos en el 47% de los años y que las

1.500 UFUM en el 18%. La fecha más temprana y la más tardía en las que fue alcanzado un determinado valor de UFUM y su respectiva diferencia (amplitud) son también indicadores de la variación entre años. Se observó que las 1.100 UFUM fueron alcanzadas en la fecha media 20-08 y que los máximos y mínimos observados, correspondieron al 25-07 y el 08-9 con una amplitud de 45 días.

### *El Peral, Tupungato, Mendoza*

La tabla 2 muestra que todos los años se alcanzaron 900 UFUM, mientras que las 1.100 UFUM en el 78% y las 1.500 UFUM en el 56% de los años. La amplitud registrada a las 1.100 UFUM fue de 26 días.

## 3. Relación DJ - UFUM. Importancia del efecto año

### *Mayor Drumond, Luján de Cuyo, Mendoza*

La figura 1 muestra la evolución de las UFUM respecto al tiempo expresado en DJ clasificado por año. Se observa que los años 1994, 1998, 1999, 2002 y 2003 registraron un valor de UFUM menor al promedio, mientras que el resto de los años fue igual o mayor. La figura además muestra la variabilidad de la fecha de inicio de conteo.

Tabla 2. Resumen estadístico descriptivo de la variable DJ observada en cada rango de UF. Localidad: Mayor Drumond, Luján de Cuyo, Mendoza

*Table 2. Statistical summary of observed DJ in CU intervals. Mayor Drumond, Luján de Cuyo, Mendoza*

	UF										
	500	600	700	800	900	1.000	1.100	1.200	1.300	1.400	1.500
% de años	100	94	94	88	76	76	47	29	24	18	18
Fecha media	07-07	13-7	25-7	01-08	09-08	19-08	20-08	21-08	18-08	31-08	07-09
Fecha temprana	09-06	17-06	25-6	03-07	12-07	17-07	25-07	01-08	08-08	15-08	06-09
Fecha tardía	29-08	24-8	05-8	31-8	30-8	14-8	08-9	02-09	14-09	08-09	14-09
Amplitud (días)	81	68	72	59	49	59	45	32	37	24	8

Tabla 3. Resumen estadístico descriptivo de la variable DJ observada en cada UF. Localidad: El Peral, Tupungato, Mendoza

Table 3. Statistical summary of observed DJ in CU intervals. El Peral, Tupungato, Mendoza

	UF										
	800	900	1.000	1.100	1.200	1.300	1.400	1.500	1.600	1.700	1.800
% de años	100	100	89	78	78	78	78	56	33	11	11
Fecha media	19-7	28-7	01-8	05-8	11-8	21-8	30-8	05-9	06-9	06-9	14-9
Fecha temprana	27-7	03-7	11-7	22-7	29-7	05-8	13-8	26-8	22-8	sd	Sd
Fecha tardía	02-9	14-9	12-9	17-8	28-8	04-9	14-9	13-9	14-9	sd	Sd
Amplitud (días)	67	73	63	26	30	30	32	18	23	sd	sd

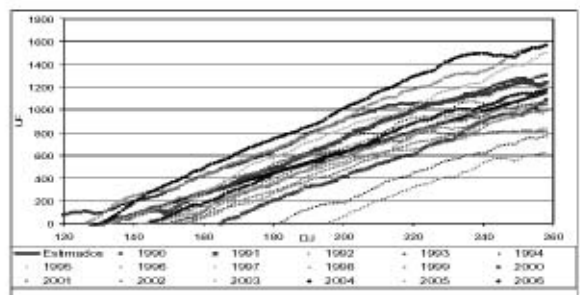


Figura 1. Efecto DJ - UFUM observados (1990-2006). Luján de Cuyo, Mendoza

Figure 1. Effect DJ - CU observed (1990-2006) Luján de Cuyo, Mendoza

El modelo de estimación fue sometido a una prueba de comparación de regresiones mediante el método de modelos anidados a fin de estudiar si explica adecuadamente las diferencias, que eventualmente pudiesen existir entre años. La relación DJ-UFUM puede diferir entre años por la fecha en la cual se inicia el conteo o por la tasa de acumulación de las UFUM o por ambos. Los resultados indican que tanto las "dummies" que representan las fechas de inicio del conteo de UFUM, como las de la tasa de acumulación varían con los años y que esta información mejora el modelo con una probabilidad  $\leq 0,005$ . Por lo cual el modelo posee una

variabilidad residual que no es adecuadamente explicada sólo por la variable DJ. Si bien la fecha de inicio y la tasa de acumulación varían con los años, la variabilidad residual que elimina el aporte de la fecha de inicio produce un valor F que es 6 veces mayor que el correspondiente al aporte de información de la tasa de acumulación. Ello indica que la variabilidad residual del modelo DJ-UFUM está mejor explicada por la fecha de inicio que por la tasa de acumulación aunque ambas aportan información.

La figura 2 muestra el modelo de regresión UFUM estimadas-DJ y sus correspondientes límites de predicción al 90% de confianza.

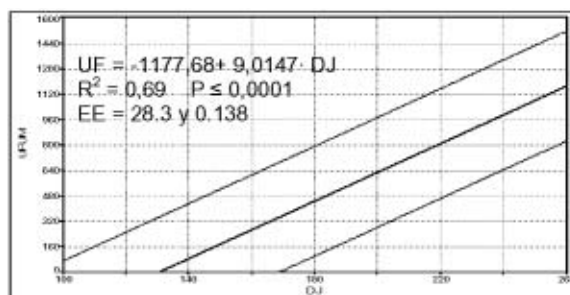


Figura 2. Efecto DJ - UFUM estimados y límites de predicción 90% de confianza (1990-2006). Luján de Cuyo, Mendoza.

*Figure 2. Effect DJ - CU estimated and predictions limits 90% of confidence (1990-2006). Luján de Cuyo, Mendoza.*

Se observa que, debido a la variabilidad de los datos, la amplitud de los límites para un mismo valor de DJ oscila en un rango muy amplio. En la fecha 15-09 (DJ 258) las UFUM pueden variar entre 803 y 1.492 UFUM, indicando que tales límites pronostican valores aproximadamente iguales a los de la media  $\pm$ DE, por lo tanto el modelo no es adecuado para realizar pronósticos.

#### *El Peral, Tupungato, Mendoza*

La figura 3 muestra las UFUM en función de los DJ de cada año de la serie. Se observa que los años 1998 y 2003 registran valores inferiores al resto de los años. La prueba de comparación de modelos anidados indicó

que el modelo estimado DJ-UFUM presenta diferencias debidas tanto al inicio de las mediciones como a la tasa de acumulación con una probabilidad  $\leq 0,005$ . El modelo DJ-UFUM posee una variabilidad residual que no es adecuadamente explicada por la variable DJ. El valor F correspondiente al modelo que introduce fecha de inicio es 28 veces mayor que el que corresponde al de tasa de acumulación, indicando que el aporte de la información de la primera variable es mayor aunque ambas son significativas.

La figura 4 muestra la relación entre los UFUM estimados con DJ y los correspondientes límites de predicción al 90% de confianza. Ellos señalan que a los 258 DJ el

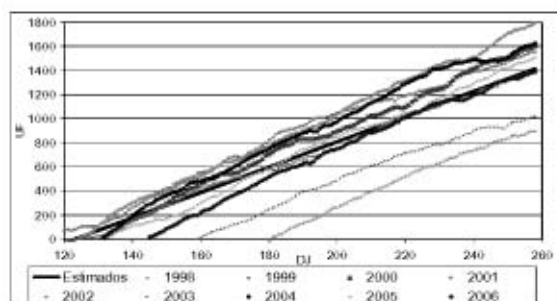


Figura 3. Efecto DJ - UFUM observados (1998-2006). El Peral, Tupungato, Mendoza  
*Figure 3. Effect DJ - CU observed (1998-2006) El Peral, Tupungato, Mendoza*

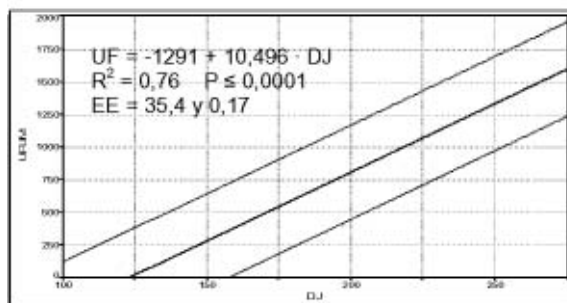


Figura 4. Efecto DJ - UFUM estimados y límites de predicción 90% de confianza (1998-2006).  
Tupungato, Mendoza

Figure 4. Effect DJ - CU estimated and predictions limits 90% of confidence (1998-2006). El Peral,  
Tupungato, Mendoza

valor estimado de UFUM oscila entre 1.056 y 1.770 UFUM, indicando que el modelo no tiene capacidad para efectuar pronósticos con suficiente exactitud.

Los análisis de ambas zonas indican que 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. Por lo tanto la tasa de acumulación media estimada varía entre años pero es constante para cada año. Este concepto reviste importancia ya que conociendo las UFUM en una fecha intermedia y teniendo en cuenta que la tasa es constante podría ser pronosticado el valor final de las UFUM.

1.4. Estimación de la probabilidad que posee cada zona de cumplir con un determinado requerimiento.

Las tablas 4 y 5 muestran los modelos logísticos de distribución de probabilidad y sus estadígrafos de bondad de ajuste respectivamente para cada una de las zonas en estudio. En ambos modelos los valores de  $P_{(modelo)}$  son menores de 0,01, existe una relación  $UTUM-P_{(modelo)}$  con significación estadística. La "Deviance" indica que la variabilidad de las UFUM explica el 56 y 57% de la variabilidad encontrada en los valores de probabilidad para Luján y Tupungato respectivamente. La probabilidad de los residuos es mayor

Tabla 4. Modelos de ajuste "logísticos" calculados por región  
Table 4. Fitting models calculated by region

Departamento	Modelo de ajuste
Luján	$P = e^{(6,31513 - 0,00543*UF)} \cdot (1 + e^{(6,31513 - 0,00543*UF)})^{-1}$
Tupungato	$P = e^{(9,48558 - 0,00637672*UF)} \cdot (1 + e^{(9,48558 - 0,00637672*UF)})^{-1}$



Tabla 5. Resultados de las pruebas de bondad de ajuste de los modelos de cada región  
 Table 5. Goodness of Fit test of logistic regression models of each region

Localidad	Análisis de la "desviación"		% deviance explicado	Prueba de bondad de ajuste $P\chi^2$	Valor $P$ (Proporción de verosimilitud)
	Valor $P_{(modelo)}$	Valor $P_{(residuo)}$			
Luján	0,0000	1,0000	56	0,59	0,0000
Tupungato	0,0000	1,0000	57	0,60	0,0000

o igual que 0,1 lo que indica que el modelo establecido es el mejor posible. El valor de la  $P\chi^2$  es menor de 0,1 indicando que la función logística ajusta adecuadamente. La prueba de proporción de verosimilitud indica que el modelo no puede ser simplificado con un nivel de confianza del 99%.

Las figuras 5 y 6 muestran la distribución de probabilidades de alcanzar valores entre 0 y 2.000 UFUM en Luján de Cuyo y Tupungato respectivamente y los correspondientes límites de predicción 95% de confianza.

Ambas figuras muestran que a medida que aumentan las UFUM necesarias para satisfa-

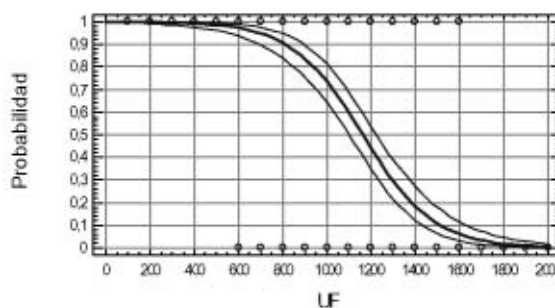


Figura 5. Modelo logístico estima la probabilidad de Luján de Cuyo de alcanzar un valor de UF.  
 Figure 5. Logistic model estimates the probability of Luján de Cuyo to reach a CU value.

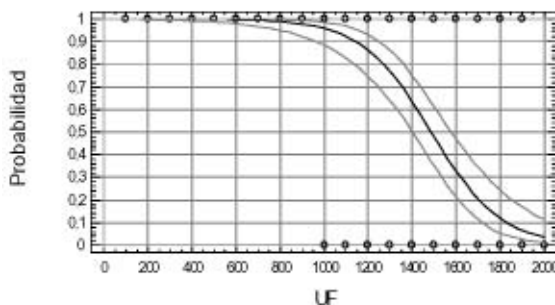


Figura 6. Modelo logístico estima la probabilidad de Tupungato de alcanzar un valor de UF.  
 Figure 6. Logistic model estimates the probability of Tupungato to reach a CU value.

cer los requerimientos, se reduce la probabilidad de cumplir tales exigencias.

La tabla 6 muestra que a un mismo requerimiento (1.100), el departamento Luján de Cuyo posee un porcentaje de probabilidad del 73%, mientras que en Tupungato es del 92%. Inversamente el 98% de probabilidad corresponde, en Luján de Cuyo, a las 500 UFUM mientras que en Tupungato a las 900 UFUM.

### Conclusión

La disponibilidad de UFUM de las zonas estudiadas indica que aunque el promedio satisface los requerimientos de frío de la mayoría de las variedades de cerezos, existen años en los cuales no es posible cumplir tales exigencias.

El departamento Luján de Cuyo, tiene una probabilidad de alcanzar su valor medio de disponibilidad de frío (1.106 UFUM) de aproximadamente el 60%. Ello indica que se adapta a variedades de requerimientos bajos o intermedios. La zona tiene un 84% de probabilidad de satisfacer las variedades de bajos requerimientos, 44% para las de rango intermedio y del 18% para aquellas con alta demanda de frío.

La disponibilidad media de UFUM de Tupungato es de 1.445 y la probabilidad de ser cumplida es del 66%. El departamento Tupungato satisface altos requerimientos de frío (1.400 UFUM) el 77% de los años, indicando que es posible producir variedades de altos, medios y bajos requerimientos el 77, 86 y 98% respectivamente.

La variabilidad de las UFUM indica que un modelo predictivo basado sólo en la infor-

Tabla 6. Probabilidad media y sus límites superior e inferior de predicción 95% de confianza de los departamentos Luján y Tupungato según las UF requeridas por variedades de cerezo  
Table 6. Mean probability value and its predictions limits 95% of confidence of Luján and Tupungato counties, according to CU required by sweet cherry cultivars

Requerimiento de frío (UF)	Probabilidad					
	Luján de Cuyo			Tupungato		
	P <sub>media</sub>	P <sub>LIC 95%</sub>	P <sub>LSC 95%</sub>	P <sub>media</sub>	P <sub>LIC 95%</sub>	P <sub>LSC 95%</sub>
400	99	98	100	100	100	100
500	98	96	99	100	98	100
600	97	94	99	100	98	100
700	95	90	97	99	97	96
800	91	84	95	99	95	92
900	84	76	90	98	92	87
1.000	73	64	81	96	88	78
1.100	60	50	68	92	82	67
1.200	44	35	54	86	74	54
1.300	30	22	39	77	64	41
1.400	18	12	27	66	50	30
1.500	11	6	18	48	35	21
1.600	6	3	12	33	21	15
1.700	3	2	7	20	11	10

mación que aportan los DJ no posee suficiente exactitud para establecer un pronóstico de valor práctico. Las pruebas de comparación de regresiones indican que los años varían tanto en las fechas del inicio del conteo de las UFUM como en la tasa diaria de acumulación, siendo la primera de mayor importancia en ambos departamentos.

La probabilidad de alcanzar un mismo valor de UFUM es superior en el departamento Tupungato que en el de Luján de Cuyo, indicando que el primero posee una mayor disponibilidad de frío y por lo tanto está más adaptado al cultivo del cerezo.

Estos estudios establecen los lineamientos para realizar una zonificación varietal basada en una de las limitaciones ecofisiológicas más importantes del cerezo y en las características climáticas de las zonas estudiadas, contribuyendo a mejorar la productividad del cultivo en la Provincia.

### Referencias bibliográficas

- Anderson JL, Richardson EA, Kesner CD, 1986. Validation of chill unit and flower bud phenology models for Montmorency sour cherry. *Acta Hort.* 184: 71-78.
- Byrne DH, Bacon T, 2003. Chilling accumulation: its Importance and Estimation. <http://aggiehorticulture.tamu.edu/stonefruit/chillacc.htm>
- Couvillon G, 1995. Temperature and stress effects on rest in fruit trees: a review. *Acta Hort.* 395: 11-19.
- Díaz MP, Demetrio CG, 1998. Introducción a los Modelos Lineales Generalizados. Su aplicación en las ciencias biológicas. Editorial Screen. 105 p.
- Dirección de Contingencias Climáticas, 1998-2006. Archivos de temperaturas horarias de la Provincia de Mendoza. DCC. Gobierno de Mendoza. 2007.
- Erez A, 1995. Means to compensate for insufficient chilling to improve bloom and leafing. *Acta Horticulturae* 395: 81-95
- Faust M, Erez A, Rowland L, Wang S, Norman H, 1997. Bud dormancy in perennial fruit trees: physiological basis for dormancy induction, maintenance and release. *HortScience*, 32(4) 623-629.
- Infostat, 2004. InfoStat, versión 2004. Manual del Usuario. Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba. Primera Edición, Editorial Brujas Argentina.
- Linville DE, 1990. Calculation chilling hours and chilling units from daily maximum and minimum temperature observations. *HortScience* 25, 14-16.
- Linsley-Noakes G, Louw M, Allan P, 1995. Estimating daily positive Utah chill units using daily minimum and maximum temperatures. *J.S. Afr. Soc. Hort. Sci.* 5 (1)
- Mendenhall W, Sincich T, 1995. Statistics for engineering and the sciences. Fourth edition. New Jersey, Prentice hall. (741-749) p 787.
- Norvel D, Moore JN, 1982. An evaluation of chilling requirements models for estimating rest requirements of highbush blueberries. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 107(1): 54-56
- Ortiz A, 1990-2006. Boletín Agrometeorológico. Cátedra de Meteorología FCA UNCuyo
- Richardson E, Seeley SD, Walter RD, 1974. A model for estimating the completion of rest for "Redhaven" and "Elberta" Peach Trees. *HortScience* vol 9(4).
- Richardson E, 1975. Author Letter. *HortScience* 10(6): 561-562
- Seeley SD, 1996. Modeling climatic regulation of bud dormancy. P 361-376. En: G.L.LANG (ed.) *Plant dormancy: Physiology, biochemistry, and molecular biology*. CAB Intl. Wallingford, Oxon, U.K.
- Seif S, Gruppe W, 1985. Chilling requirements of sweet cherries (*Prunus avium*) and interspecific cherry hybrids. *Acta Horticulturae* 169: 289-294.

UC Fruit & Nut Research Information Center, 2006. About Chilling Units, Hours, and Portions University of California Disponible: <http://fruitsandnuts.ucdavis.edu/weather/aboutchilling.shtml> [Consulta jun 2007].

Tersoglio E, Naranjo G, Rivero L, Quiroga M, 2005. Requerimientos de frío invernal y de calor en variedades de cerezos. ITEA 102 (3), 251-259.

(Aceptado para publicación el 27 de septiembre de 2007)