

## VENTANAS DE APLICACIÓN DE PLAGUICIDAS EN HUERTOS DE ARÁNDANO (*Vaccinium* sp.) DE LA ZONA DE LOS ÁNGELES, CHILE

### Pesticide application windows in blueberry (*Vaccinium* sp.) orchards of the Los Angeles area, Chile

Edmundo Hetz<sup>1</sup>\*, Mauricio Saavedra<sup>2</sup>, Alejandro Venegas<sup>2</sup> y Marco López<sup>2</sup>

#### ABSTRACT

The objectives of this work were to establish non-polluting pesticide application windows (VAP), that is the existence and size of appropriate daily periods to apply pesticides, for blueberry (*Vaccinium* sp.) orchards located in the Los Angeles area (37°28' S. lat., 72°23' W long.), Bio-Bio province, Chile; to compare them with the time demands of the annual spraying schedule, the effective work capacity (CET) of the air blast sprayers available in the market, and the area of the orchards. To achieve these objectives a 21-year daily meteorological database that included daily rainfall, wind speed, temperature and relative humidity was probabilistically processed. The results showed that there are enough appropriate days to carry out these applications, even at high probability levels (mean = 16.3 days month<sup>-1</sup>; range = 13.3-20.5 days month<sup>-1</sup>). The months with the larger number of appropriate days were March (20.5) and April (17.9); this time decreases greatly in January (13.3), December (13.4) and February (14.4) due to high temperatures and wind speed, and in May (15.0), June (15.6) and July (16.3) due to high rainfall. The comparison of the applications schedule with the magnitude of the VAP shows an adequate relationship between them. Given the magnitude of the VAP windows, the individual CET of the air blast sprayers (0.36-0.98 ha h<sup>-1</sup>) and the area of the majority of the blueberry orchards (< 10 ha), it can be concluded that the applications can be carried out in a timely way during the existing VAP.

**Key words:** spraying, appropriate days, pollution, probabilities.

#### RESUMEN

Los objetivos de este trabajo fueron establecer las ventanas de aplicación no contaminante de plaguicidas (VAP), es decir la existencia y magnitud de los períodos de días apropiados para aplicar plaguicidas de manera eficaz y no contaminante, en huertos de arándano (*Vaccinium* sp.) de la zona de Los Ángeles, (37°28' lat. Sur, 72°23' long. Oeste), Bío-Bío, Chile, compararlos con las demandas del calendario anual de aplicaciones, las capacidades efectivas de trabajo (CET) de las nebulizadoras existentes en el mercado, y el área de los huertos. Para ello se procesó probabilísticamente una base de datos meteorológicos diarios de 21 años, que incluyó la precipitación, velocidad del viento, temperatura y humedad relativa. Los resultados mostraron que, en general, existen bastantes días apropiados para realizar estas aplicaciones (promedio = 16,3 días mes<sup>-1</sup>; rango = 13,3-20,5 días mes<sup>-1</sup>), aún con altos niveles de probabilidad. Los meses con mayor número de días apropiados fueron marzo (20,5) y abril (17,9); este tiempo disminuye notablemente en enero (13,3), diciembre (13,4) y febrero (14,4) debido a las altas temperaturas y velocidad del viento, y en los meses de mayo (15,0), junio (15,6) y julio (16,3) por la lluvia que se presenta en ese período. Al comparar el calendario de aplicaciones con la magnitud de las VAP se encontró una adecuada relación entre ellos. Dada la magnitud de las VAP establecidas, la CET individual de las nebulizadoras (0,36-0,98 ha h<sup>-1</sup>) y el tamaño de la gran mayoría de los huertos de arándano (< 10 ha), se concluyó que las aplicaciones pueden realizarse oportunamente en los períodos apropiados.

**Palabras clave:** pulverización, días apropiados, contaminación, probabilidades.

<sup>1</sup> Universidad de Concepción, Facultad de Ingeniería Agrícola, Casilla 537, Chillán, Chile.

E-mail: ehetz@udec.cl \*Autor para correspondencia.

<sup>3</sup> Universidad de Concepción, Facultad de Agronomía, Chillán, Chile.

Recibido: 30 de mayo de 2003. Aceptado: 21 de septiembre de 2003.

## INTRODUCCIÓN

Uno de los productos importantes de las exportaciones frutícolas chilenas actualmente es el arándano (*Vaccinium* sp.), arbusto de follaje cauduco de la familia de las Ericáceas, que posee numerosas especies, de las cuales las más cultivadas son el tipo Alto (Southern Highbush) y Ojo de Conejo (Rabbiteye). Su fruto es una baya esférica de 0,7 a 1,5 cm de diámetro, color azul a negro, sabor agrídulce, jugoso, aromático, con numerosas propiedades alimenticias y medicinales (Chávez *et al.*, 1997).

En Chile existen unas 2.000 ha de plantaciones de arándano, mayoritariamente del tipo Alto, cuyos rendimientos van de 6 a 8 t ha<sup>-1</sup> en las variedades tempranas y de 10 a 12 t ha<sup>-1</sup> en las tardías. Las exportaciones han llegado a 6.500 t anuales, con precios de US\$ 5-6 kg<sup>-1</sup>, que pueden superar los US\$ 15 kg<sup>-1</sup> a inicios y fines de temporada (INE, 2003; ODEPA, 2003).

La producción comercial de fruta de alta calidad, libre de plagas y enfermedades, requiere de la utilización racional de plaguicidas como parte de las Buenas Prácticas Agrícolas, es decir, todas aquellas acciones involucradas en la producción, procesamiento y transporte de productos alimenticios orientadas a ofrecer al mercado productos de alta calidad, logrados con el mínimo impacto ambiental, y previniendo contaminaciones físicas, químicas y biológicas, tanto a los trabajadores como a los consumidores (ACHS, 1994; FAO, 1996; SAG, 1996; Cavallo, 1997).

Sin embargo, además de realizar aplicaciones eficaces en el control de las plagas, ellas deben ejecutarse de acuerdo a las normas ambientales detalladas en el Código Verde (MAFF, 1998). Allí se especifica que las aplicaciones de plaguicidas deben cumplir los objetivos de proteger a las personas que consumen alimentos tratados con estos productos, resguardar la seguridad de todas las personas vinculadas al proceso productivo, y evitar la contaminación del ambiente, protegiendo la vida silvestre, suelo, agua y aire (ACHS, 1994; FAO, 1996; SAG, 1996; Cavallo, 1997; MAFF, 1998).

Aun cuando las nebulizadoras se encuentren en condiciones mecánicas óptimas y muy bien reguladas respecto de tamaño de gotas (200 a 400 micrones), y caudal y dirección del viento generado por el ventilador, es frecuente encontrar condiciones atmosféricas (lluvia, viento, temperatura, humedad relativa) que pueden afectar muy negativamente su desempeño, disminuyendo notablemente la eficacia del tratamiento y causando graves problemas de contaminación ambiental por deriva y goteo al suelo (FAO, 1996; Wilkinson *et al.*, 1999; Matthews, 2000; Baldoín, 2001).

Varios autores (Magdalena *et al.*, 1997; Wilkinson *et al.*, 1999; Matthews, 2000; Baldoín, 2001) han señalado que cuando se exceden ciertos valores de precipitación (> 1-3 mm d<sup>-1</sup>), velocidad del viento (> 3-4 m s<sup>-1</sup>), temperatura (> 28-30°C) y humedad relativa (<30% y > 95%), las aplicaciones resultan ineficaces y/o contaminantes por dilución, lavado y goteo del producto químico, evaporación de las gotas y deriva hacia lugares aledaños al huerto, con aumento de los costos y probable fitotoxicidad, lluvia ácida y daño potencial a la salud de los trabajadores. Se ha estimado que las pérdidas de producto fitosanitario se sitúan entre 25 y 50% del total aplicado, pudiendo llegar hasta 90% cuando los árboles se encuentran sin follaje (Riquelme, 1997).

Esta situación ha llevado a algunos autores (FAO, 1996; Magdalena *et al.*, 1997; Matthews, 2000; Baldoín *et al.*, 2001) a desarrollar el concepto de "Ventana de Aplicación de Plaguicidas" (VAP), el cual considera todos los aspectos relacionados con una aplicación eficaz del producto químico evitando la contaminación ambiental. Una VAP es el período durante el cual las condiciones atmosféricas son tales que se pueden realizar aplicaciones eficaces con mínimo riesgo de contaminación ambiental.

Los objetivos de esta investigación fueron establecer la existencia y magnitud de las Ventanas de Aplicación de Plaguicidas para huertos de arándano de la zona de Los Ángeles, Bío-Bío, y compararlas con el calendario anual de aplicaciones, las capacidades efectivas de trabajo de las nebulizadoras existentes en el mercado y con las áreas plantadas de los huertos.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Antecedentes generales

Para realizar este estudio se utilizaron 21 años (1980-2000) de datos meteorológicos diarios (precipitación, velocidad del viento, temperatura máxima y humedad relativa) del registro meteorológico de la Estación Experimental Humán (37°28' lat. Sur, 72°23' long. Oeste, 166 m.s.n.m.) perteneciente al Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA). Por lo anteriormente señalado, la validez principal del estudio es para el área central de la provincia de Bío-Bío, VIII Región, Chile, es decir el polígono formado por las localidades de Laja, Nacimiento, Negrete, Mulchén, Santa Bárbara, Quilleco y Salto del Laja. La zona tiene un clima mediterráneo húmedo, con una temperatura media anual de 14°C y una precipitación media anual de 1.250 mm, que cae mayoritariamente en los meses de mayo, junio y julio (del Pozo y del Canto, 1999).

### Criterios que determinan una VAP

Luego de examinar la literatura (Magdalena *et al.*, 1997; MAFF, 1998; Wilkinson *et al.*, 1999; Matthews, 2000; Baldoin, 2001) se decidió utilizar los siguientes criterios para establecer una VAP: precipitación,  $pp < 2 \text{ mm d}^{-1}$ ; velocidad del viento,  $v < 1,67 \text{ m s}^{-1}$  (6,0 km h<sup>-1</sup>); temperatura máxima,  $t^{\circ} < 28^{\circ}\text{C}$ ; y humedad relativa, HR 30–95%.

### Análisis previo al procesamiento de los datos meteorológicos

Se procedió a validar la teoría, ya comprobada para Chillán y Linares (Sepúlveda, 2002; González, 2002), de que la humedad relativa baja cuando la temperatura sube, especialmente en climas mediterráneos donde la humedad relativa es inferior a 30% para temperaturas  $> 28^{\circ}\text{C}$  (Campbell y Norman, 1998; del Pozo y del Canto, 1999). Esta validación permite que la humedad relativa quede en función de la temperatura, lo que disminuye de 4 a 3 las bases de datos a procesar.

Las ecuaciones utilizadas (Campbell y Norman, 1998) fueron las siguientes:

$$T(t) = T_{\max_{i-1}} \sigma(t) + T_{\min_i} [1 - \sigma(t)]$$

Válido  $0 \leq t \leq 5 \text{ h}$

$$T(t) = T_{\max_i} \sigma(t) + T_{\min_i} [1 - \sigma(t)]$$

Válido  $5 < t \leq 14 \text{ h}$

$$T(t) = T_{\max_{i-1}} \sigma(t) + T_{\min_{i+1}} [1 - \sigma(t)]$$

Válido  $14 < t \leq 24 \text{ h}$

$$\text{Donde: } \sigma(t) = 0,44 - 0,46 \sin(wt + 0,9) + 0,11 \sin(2wt + 0,9)$$

$$0 < \sigma < 1, \text{ valores expresados en radianes}$$

$$t = \text{tiempo solar}, t = 12 \text{ medio día solar}, w = \pi/12$$

La Figura 1 muestra los perfiles de temperatura de mayo a diciembre para el año 1983, generados usando las ecuaciones empíricas de Campbell y Norman (1998); se utilizaron los datos del año 1983 por considerarlo normal en cuanto a su comportamiento meteorológico. Allí se verifica que aún en los meses más cálidos, durante el día existe un período de tiempo igual o superior a 4 h con temperaturas  $< 28^{\circ}\text{C}$ , y por lo tanto se puede considerar como medio día apropiado para aplicar plaguicidas, trabajando 2 h en la mañana y 2 h hacia el final del día.

### Procesamiento de los datos meteorológicos

Para aplicar los criterios que determinan una VAP a los datos meteorológicos, se procedió de la siguiente manera: a) en una planilla Microsoft Excel se eliminaron los días con precipitaciones superiores a 1 mm, utilizando funciones lógicas incorporadas al programa; b) con la planilla de velocidades del viento se eliminaron los días con velocidades superiores a 1,67 m s<sup>-1</sup>, la cual estaba concatenada con los datos de temperatura; y c) finalmente, con la planilla de temperaturas se procedió a asignarles valores de 0 (cero) a los días en que las condiciones climáticas no eran las apropiadas, 0,5 cuando la temperatura era superior a 28°C, y 1 (uno) a los días en que las condiciones climáticas fueron favorables para la aplicación de plaguicidas.

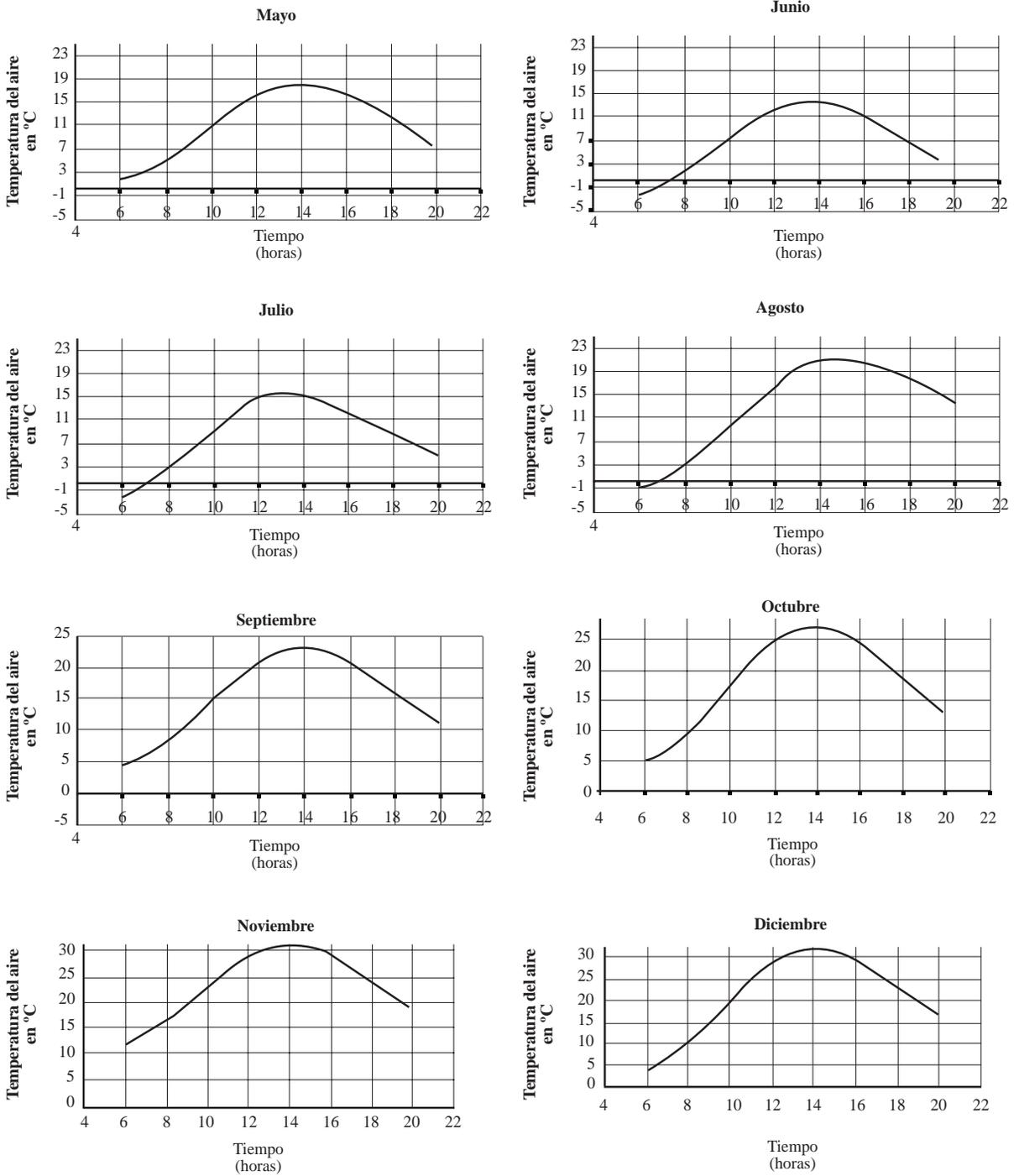


Figura 1. Perfil de temperatura del aire durante el día con datos generados usando las ecuaciones de Campbell y Norman para el año 1983, durante los meses de mayor demanda de aplicación de plaguicidas en huertos de arándano en la zona de Los Ángeles, Chile.

Figure 1. Air temperature profile during the day with data generated using the Campbell and Norman equations for year 1983, during the months with the highest pesticide application demands in blueberry orchards of the Los Angeles area, Chile.

### Períodos de evaluación

El cálculo de las diferentes probabilidades de ocurrencia de VAP se realizó para períodos de un mes y de medio mes, dado que estas son las duraciones de los períodos que maneja el productor o administrador de huertos frutales; por otro lado, se utilizó un día de trabajo de 8 h.

### Análisis estadístico

Una vez que se asignaron los valores 0; 0,5; y 1 a cada día del año y a los 21 años de la base de datos, se utilizó la Distribución de Probabilidades Empíricas Acumuladas para construir la distribución de probabilidades correspondiente (Canavos, 1988). Para ello se siguieron los siguientes pasos: a) se sumaron los números de días apropiados para aplicar plaguicidas en cada período de tiempo y año para formar observaciones de número de días de aplicación, en cada período; b) se ordenaron las frecuencias de días de aplicación de mayor a menor; c) se asignaron probabilidades mediante la regla de que la observación  $k$  es una medición de la probabilidad  $(k (n+1)^{-1})$ ; d) se obtuvo el número de días apropiados a cada nivel de probabilidad por interpolación lineal. Así el nivel de probabilidad de 0,8 representa el mínimo de días disponibles que pueden esperarse que ocurran en 80 de cada 100 años.

### Establecimiento del calendario de aplicación de plaguicidas

Luego de analizar las enfermedades y plagas que atacan los arándanos tipos Alto y Ojo de Conejo se estableció el programa de control fitosanitario por estado fenológico, producto químico usado y fecha de aplicación en la zona de Los Ángeles (AFIPA, 1999; ANASAC, 2002; Ginette Piffaut y Pedro Carrasco, 2002, Ingenieros Agrónomos, comunicación personal).

### Nebulizadoras existentes en el mercado

Se utilizó el catastro de nebulizadoras elaborado por Sepúlveda (2002), donde se establece que existen seis marcas con un total de 20 modelos, con estanques cuyas capacidades van de 400 a 2.200 L y bombas cuyos caudales van de 75 a 150 L  $\text{min}^{-1}$ .

### Cálculo de la capacidad efectiva de trabajo (CET) de las nebulizadoras

La CET de cada modelo se calculó usando la siguiente ecuación (Ibáñez y Abarzúa, 1995):

$$\text{CET} = V A (1-t_m) 0,1$$

donde: CET = capacidad efectiva de trabajo ( $\text{ha h}^{-1}$ ); A = ancho de trabajo (m); V = velocidad de avance ( $\text{km h}^{-1}$ ); y  $t_m$  = tiempo muerto (fracción decimal).

El cálculo de la CET consideró dos marcos de plantación: 3 x 1 m y 3 x 1,2 m, los cuales dan anchos de trabajo de 3 m, pues la CET no es afectada, significativamente, por la distancia sobre la hilera. La velocidad de trabajo se relacionó con las dificultades que puede presentar el terreno del huerto para el desplazamiento del equipo, eligiéndose 3; 4; y 5  $\text{km h}^{-1}$ , lo cual también puede asociarse a la presencia de 100; 50; y 25% de follaje, respectivamente. El tiempo muerto se asoció a la capacidad del estanque de la nebulizadora, asignándose 35% de tiempo muerto ( $t_m$ ) a las máquinas con estanques de 2.000 L o más, y 45; 50; y 60% a las nebulizadoras con capacidades de 1.000; 700; y 400 L, respectivamente (Ibáñez y Abarzúa, 1995).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Ventanas de aplicación de plaguicidas (VAP)

En el Cuadro 1 se presentan varios indicadores estadísticos sobre la magnitud (días) de las VAP para huertos de arándano en la zona de Los Ángeles, para cada uno de los meses del año. Los resultados muestran que, en general, existe tiempo suficiente para realizar estas aplicaciones, con períodos que van de 13,3 días en enero a 20,5 días en marzo y un promedio anual de 16,3 d  $\text{mes}^{-1}$ .

La baja cantidad de días apropiados en el mes de enero se explica por las altas temperaturas que ocurren en ese mes; se puede apreciar en la Figura 2 que sólo por este criterio se pierden 9 días en promedio. También la velocidad del viento contribuye a que las VAP sean pequeñas en enero, lo cual se puede apreciar en la Figura 3, que muestra que enero es el mes con la segunda mayor incidencia de viento durante el año, alcanzando a 8,8 días con velocidades superiores a 6  $\text{km h}^{-1}$ . Las VAP de

**Cuadro 1. Ventanas de aplicación de plaguicidas (días mes<sup>-1</sup>) para huertos de arándano (*Vaccinium* sp.) de la zona de Los Ángeles, Chile. Promedio de 21 años. 1980-2000.**

**Table 1. Pesticide application windows (days month<sup>-1</sup>) for blueberry (*Vaccinium* sp.) orchards of the Los Angeles area, Chile. 21 year average. 1980-2000.**

Mes	Media (días)	S (días)	CV %	Nivel de probabilidad			
				0,6	0,7	0,8	0,9
Enero	13,3	2,9	21,8	12,1	11,1	10,1	9,1
Febrero	14,4	3,7	25,7	13,1	11,8	10,5	9,2
Marzo	20,5	3,5	17,1	19,1	17,9	16,7	15,5
Abril	17,9	4,3	24,0	16,2	14,7	13,2	11,7
Mayo	15,0	5,1	34,0	12,9	11,2	9,5	7,8
Junio	15,6	3,7	23,7	14,7	13,5	12,3	11,1
Julio	16,3	5,8	35,6	14,2	12,2	10,2	8,2
Agosto	17,5	4,0	22,8	16,4	15,1	13,8	12,6
Septiembre	17,4	3,7	21,3	16,3	15,0	13,7	12,5
Octubre	17,6	6,7	38,1	14,9	12,7	10,4	8,2
Noviembre	16,3	4,0	24,5	14,8	13,4	12,0	10,6
Diciembre	13,4	4,0	29,6	12,2	10,8	9,4	8,0
Promedio	16,3	4,3	26,4				

S: Desviación estándar.

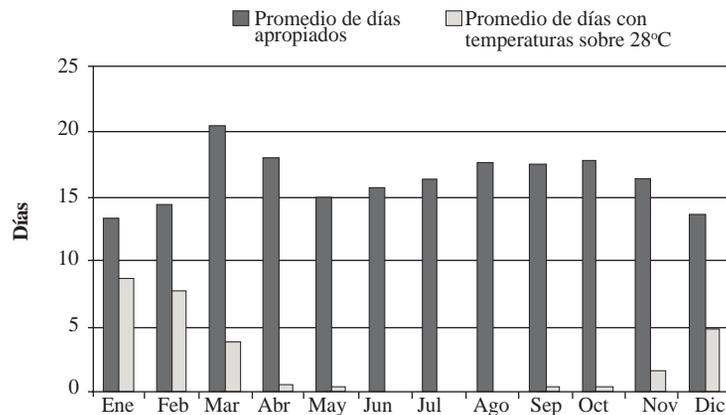
CV: Coeficiente de variación.

mayor tamaño ocurren en los meses de marzo y abril, cuando la temperatura se mantiene por debajo de 28°C en la mayoría de los días (Figura 2) y la velocidad del viento en pocos días supera 6 km h<sup>-1</sup> (Figura 3). En invierno, junio es el mes con las VAP de menor tamaño dado que es el mes con mayor pluviometría, con un promedio de 12,6 días no apropiados para aplicar plaguicidas, según muestra la Figura 4, ya que la precipitación supera los 2 mm. Un efecto similar también ocurre en los meses de mayo y julio, cuando no se dispone de más de 10 días por efecto de la lluvia (Figura 4).

Los meses de septiembre, octubre y noviembre presentan un buen número de días aptos para aplicar plaguicidas, por cuanto hay pocos días con temperaturas superiores a 28°C o con velocidades de viento superiores a 6 km h<sup>-1</sup>, y las precipitaciones son escasas en relación a las encontradas en invierno. Todos los resultados anteriores son similares a lo encontrado por Sepúlveda (2002) para huertos de manzano (*Malus domestica*) en Ñuble central, y por González (2002) para huertos de kiwi (*Actinidia deliciosa*) en la zona de Linares.

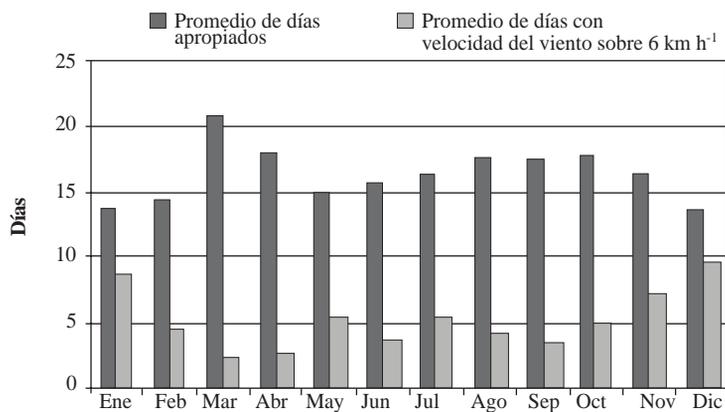
Entre los meses con VAP extremas, es decir, marzo que tiene la mayor y enero que posee la menor, existe una diferencia relativamente pequeña de 7,2 días. Ello se explica porque durante el transcurso del año están presentes las diferentes variables meteorológicas, como ocurre con la lluvia y viento en invierno y con las altas temperaturas y viento en el período estival.

En el Cuadro 1 también se puede apreciar que a medida que aumenta el nivel de probabilidad disminuye la cantidad de días apropiados para aplicar plaguicidas, lo cual responde a la metodología usada para calcular las probabilidades (Canavos, 1988). De esta manera, la probabilidad calculada representa el número mínimo de días aptos en el período señalado; así el número de días aptos esperados para aplicar plaguicidas en diciembre a una probabilidad de 0,6 es 12,2; luego 12,2 días o más deben esperarse en 60 de cada 100 años y menos de 12,2 en 40 de cada 100 años. Sin embargo, al nivel de probabilidad de 0,9 el tiempo apropiado baja a 8 días, ocurriendo en 90 de cada 100 años y sólo en 10 de cada 100 años habría menos de 8 días.



**Figura 2.** Promedio de días por mes apropiado para aplicar plaguicidas en huertos de arándano (*Vaccinium sp.*) y promedio de días con temperatura > 28°C en la zona de Los Ángeles, Chile. Promedio de 21 años. 1980-2000.

**Figure 2.** Average days per month appropriate to apply pesticides in blueberry (*Vaccinium sp.*) orchards and average number of days with temperature > 28°C in Los Angeles area, Chile. 21 year average. 1980-2000.



**Figura 3.** Promedio de días por mes apropiado para aplicar plaguicidas en huertos de arándano (*Vaccinium sp.*) y promedio de días con velocidad de viento > 6 km h<sup>-1</sup> en la zona de Los Ángeles, Chile. Promedio de 21 años. 1980-2000.

**Figure 3.** Average days per month appropriate to apply pesticides in blueberry (*Vaccinium sp.*) orchards and average number of days with wind speed > 6 km h<sup>-1</sup> in the Los Angeles area, Chile. 21 year average. 1980-2000.

Por otro lado, el Cuadro 2 presenta el tamaño de las VAP para períodos más específicos de medio mes que son los que maneja el administrador de huertos frutales, pues se relacionan más estrechamente con los períodos señalados en los calendarios de aplicaciones de plaguicidas. Debe destacarse que el promedio aún es alto (8,4 días), con un pequeño rango de variación de 6,6 días en la primera mitad de enero a 10,8 días en la segunda

mitad de marzo. Los resultados mostrados en el Cuadro 2, para períodos de medio mes, siguen las mismas tendencias que los del Cuadro 1 para períodos mensuales.

El efecto que produce la reducción del criterio de precipitación de 2 a 1 mm d<sup>-1</sup> sobre la magnitud del promedio mensual anual de las VAP es despreciable, ya que sólo lo reduce de 16,3 a 15,8

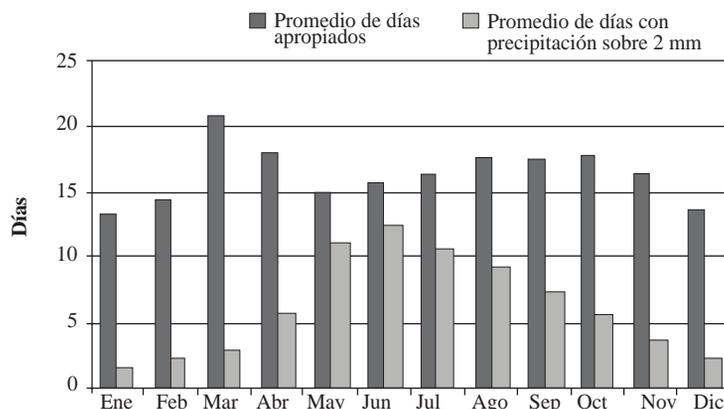


Figura 4. Promedio de días por mes apropiados para aplicar plaguicidas en huertos de arándano (*Vaccinium* sp.) y promedio de días con precipitación > 2 mm d<sup>-1</sup> en la zona de Los Ángeles, Chile. Promedio de 21 años. 1980-2000.

Figure 4. Average days per month appropriate to apply pesticides in blueberry (*Vaccinium* sp.) orchards and average number of days with rainfall > 2 mm d<sup>-1</sup> in Los Angeles area, Chile. 21 year average. 1980-2000.

Cuadro 2. Ventanas de aplicación de plaguicidas (días quincena<sup>-1</sup>) para huertos de arándano (*Vaccinium* sp.) de la zona de Los Ángeles, Chile. Promedio de 21 años. 1980-2000.

Table 2. Pesticide application windows (days fortnight<sup>-1</sup>) for blueberry (*Vaccinium* sp.) orchards of the Los Angeles area, Chile. 21 year average. 1980-2000.

Mes	Media (días)	S (días)	CV %	Nivel de probabilidad			
				0,6	0,7	0,8	0,9
Ene 1-15	6,6	2,1	31,8	5,9	5,1	4,4	3,6
Ene 16-31	6,7	2,1	31,3	6,0	5,3	4,5	3,8
Feb 1-14	7,1	2,7	38,0	6,2	5,3	4,3	3,4
Feb 15-29	9,7	2,3	23,7	6,5	5,6	4,8	4,0
Mar 1-15	9,7	2,5	25,8	8,8	8,0	7,1	6,2
Mar 16-31	10,8	2,1	19,4	10,1	9,3	8,6	7,9
Abr 1-15	8,5	2,7	31,8	7,5	6,6	5,6	4,7
Abr 16-30	9,5	2,5	26,3	8,6	7,8	6,9	6,1
May 1-15	7,6	3,5	46,0	6,4	5,2	4,0	2,7
May 16-31	7,5	3,1	41,3	6,4	5,3	4,3	3,2
Jun 1-15	8,2	2,2	26,8	7,4	6,7	5,9	5,2
Jun 16-31	8,2	2,2	26,8	6,4	5,4	4,4	3,4
Jul 1-15	7,6	2,9	38,1	6,6	5,6	4,6	3,7
Jul 16-31	8,8	4,0	45,4	7,4	6,0	4,6	3,2
Ago 1-15	8,0	2,3	28,7	7,3	6,5	5,7	5,0
Ago 16-31	9,5	2,9	30,5	8,5	7,5	6,5	5,5
Sep 1-15	8,3	3,0	36,1	7,2	6,2	5,2	4,1
Sep 16-30	9,1	2,3	25,3	8,4	7,6	6,9	6,2
Oct 1-15	8,4	3,3	39,3	7,3	6,1	5,0	3,9
Oct 16-31	9,1	3,7	40,6	7,9	6,6	5,3	4,0
Nov 1-15	8,9	2,4	27,0	8,1	7,2	6,4	5,6
Nov 16-30	7,4	3,0	40,5	6,3	5,3	4,2	3,1
Dic 1-15	6,7	2,6	38,8	5,9	5,0	4,1	3,2
Dic 16-31	6,7	2,5	37,3	5,9	5,0	4,2	3,3
Promedio	8,4	2,7	33,3				

S: Desviación estándar.

CV: Coeficiente de variación.

días. Por otro lado, los meses de enero, febrero y marzo disminuyen sus promedios en 0,2 días y los meses de mayo y septiembre en 0,5 y 0,6 días, respectivamente; de manera muy similar a lo encontrado por González (2002) para kiwi en la zona de Linares.

### Calendario de aplicación de plaguicidas en huertos de arándano de la zona de Los Ángeles

En el Cuadro 3 se puede apreciar que la gran mayoría de las aplicaciones de plaguicidas en huertos de arándano de la zona de Los Ángeles se deben realizar entre los meses de mayo y noviembre. Sin embargo, es muy importante destacar que

este calendario está sujeto a cambios según sea la ocurrencia de condiciones climáticas dominantes en cada temporada.

El Cuadro 2 muestra que durante todos los medios meses de mayo a noviembre existe una cantidad suficiente de días aptos para aplicar plaguicidas, los que van de 7,4 días en la segunda mitad de noviembre a 9,5 días en la segunda mitad de agosto. Todos los períodos de control señalados en el calendario son bastante amplios, por lo que las aplicaciones podrían eventualmente hacerse con las nebulizadoras de menor tamaño, a menos de que haya urgencia por controlar una plaga

**Cuadro 3. Calendario de aplicación de plaguicidas en huertos de arándano (*Vaccinium* sp.) de la zona de Los Ángeles, Chile.**

**Table 3. Pesticide application schedule for blueberry (*Vaccinium* sp.) orchards of the Los Angeles area, Chile.**

Plaga o enfermedad	Período control	Nombre comercial	Agente activo	Dosis por 100 L agua	Dosis solución L ha <sup>-1</sup>
<b>EN BROTAJÓN</b>					
Cancro ( <i>Phomopsis vaccinii</i> S.); Antracnosis ( <i>Elsinoe veneta</i> B.); Botritis ( <i>Botrytis cinerea</i> P.)	May-Jul	Hortyl 50F	Clorotalonilo	150-200 cm <sup>3</sup>	700
Cancro bacterial ( <i>Pseudomonas syringae</i> )	May-Jul	Strepto plus	Sulfato de estreptomicina	60 g	600
Larvas de burrito ( <i>Naupactus xantographus</i> G.)	May-Jun	Carbodan SC 48%	Carbofurano	Fertirrigación	10
Conchuela ( <i>Parthenolecanium persicae</i> )	Jun-Ago	Sunspray+Troya 4EC	Aceite+Clorpirifos	1 L+100 cm <sup>3</sup>	350
Chanchito blanco ( <i>Pseudococcus</i> sp.)	Jun-Ago	Sunspray+Troya 4EC	Aceite+Clorpirifos	1,5 L+120 cm <sup>3</sup>	350
<b>EN FLORACIÓN Y COSECHA</b>					
Botritis ( <i>Botrytis cinerea</i> P.)	Ago-Oct	Captan + Polyben50WP Hortyl 50F Rovral50WP	Captan+ Benomilo Clorotalonilo Iprodione	200 g+150 g 150-200 cm <sup>3</sup> 200 g	600
<b>EN COSECHA Y POSTCOSECHA</b>					
Burritos en follaje ( <i>Naupactus xantographus</i> G.)	Nov-Mar	Carbaryl 85% WP	Carbaryl	150-180 g	400-500
<b>CONTROL DE MALEZAS</b>					
<b>PLANTACIÓN NUEVA</b>					
Entrehileras	Ago-Nov	Paramat	Paraquat	1,5 L	450-500
Sobrehileras	Ago-Nov	Paramat	Paraquat	1 L	200-300
<b>PLANTACIÓN ADULTA</b>					
Entrehileras	Ago-Nov	Paramat + Gesatop 500 FW	Paraquat + Simazina	1 L+1,5 L	200-300
Sobrehileras	Ago-Nov	Paramat + Gesatop 500 FW	Paraquat + Simazina	1 L+1,5 L	480

Fuente: AFIPA, 1999; ANASAC, 2002; G. Piffaut y P. Carrasco, 2002, Ingenieros Agrónomos, comunicación personal.

específica que obligue a asperjar el huerto tan pronto aparezca el problema.

#### **Relación entre la capacidad efectiva de trabajo (CET) de las nebulizadoras, las VAP y el tamaño de los huertos de arándano.**

En el Cuadro 4 se puede ver que la CET de las nebulizadoras está en el rango 0,36 a 0,98 ha h<sup>-1</sup>, dado el marco de plantación y las velocidades de avance posibles de usar. Las mayores capacidades de trabajo se logran con alta velocidad de avance (5 km h<sup>-1</sup>) y con las máquinas con gran capacidad del estanque, por el menor tiempo muerto que originan las reposiciones de solución química (Ibáñez y Abarzúa, 1995). Es por ello que la menor CET se logra a 3 km h<sup>-1</sup> con la nebulizadora con estanque de 400 L, y la mayor CET se logra a 5 km h<sup>-1</sup> con las nebulizadoras con estanques de 2.000 a 2.200 L.

Por otro lado, los Cuadros 5 y 6 muestran las áreas de los huertos que pueden tratarse con las nebulizadoras de mayor y menor tamaño, respectivamente, a niveles razonables de probabilidad

de 0,7 y 0,8. El Cuadro 5 muestra que las nebulizadoras de mayor CET pueden atender huertos de más de 20 ha durante cada uno de los medios meses del período de control de plagas (mayo a noviembre), en la peor condición de velocidad más baja y alto nivel de probabilidad (0,8).

En el Cuadro 6 se puede ver que incluso con las nebulizadoras de menor tamaño, con alto nivel de probabilidad y menor velocidad de avance es posible cubrir huertos de 12 a 25 ha durante el período de aplicación de plaguicidas. Lo anterior permite establecer que con las nebulizadoras de menor CET es posible atender la inmensa mayoría de los huertos de arándano cuyas áreas no superan las 10 ha (INE, 2003; Ginette Piffaut, 2002, Ingeniero Agrónomo, comunicación personal). Además, debe recordarse que las áreas que pueden cubrir las nebulizadoras se calcularon con días laborales de 8 h, lo cual deja abierta la posibilidad de trabajar más horas diarias, especialmente en los períodos de mayor ataque de plagas, y así cubrir huertos de mayor superficie.

#### **Cuadro 4. Capacidad efectiva de trabajo (ha h<sup>-1</sup>) de las nebulizadoras en huertos de arándano (*Vaccinium* sp.), según la velocidad de avance.**

**Table 4. Effective work capacity (ha h<sup>-1</sup>) of foggers in blueberry (*Vaccinium* sp.) orchards, according to forward speed.**

Marcas	Tamaño modelo	Capacidad estanque (L)	Velocidad de avance (km h <sup>-1</sup> )		
			3	4	5
A	Menor	700	0,45	0,60	0,75
	Mayor	2.200	0,59	0,78	0,98
B	Menor	1.000	0,50	0,66	0,83
	Mayor	2.000	0,59	0,78	0,98
C	Menor	1.000	0,50	0,66	0,83
	Mayor	2.000	0,59	0,78	0,98
D	Menor	400	0,36	0,48	0,60
	Mayor	2.000	0,59	0,78	0,98
E	Menor	1.000	0,50	0,66	0,83
	Mayor	2.000	0,59	0,78	0,98
F	Menor	400	0,36	0,48	0,60
	Mayor	2.000	0,59	0,78	0,98

**Cuadro 5. Tamaño (ha) de los huertos de arándano (*Vaccinium* sp.) de la zona de Los Ángeles que se pueden asperjar con la nebulizadora de MAYOR capacidad según el tamaño de las ventanas de aplicación de plaguicidas, velocidad de avance, y nivel de probabilidad.**

**Table 5. Size (ha) of the blueberry (*Vaccinium* sp.) orchards in the Los Angeles area, Chile, that can be sprayed with the BIGGEST capacity fogger according with the pesticide application windows, forward speed and probability level.**

Período		Velocidad de avance y nivel de probabilidad					
		3 km h <sup>-1</sup>		4 km h <sup>-1</sup>		5 km h <sup>-1</sup>	
		0,7	0,8	0,7	0,8	0,7	0,8
Ene	1-15	23,9	20,5	31,9	27,3	39,9	34,1
Ene	16-31	24,6	21,2	32,8	28,2	41,0	35,3
Feb	1-14	24,6	20,3	32,9	27,0	41,1	33,8
Feb	15-29	26,4	22,7	35,2	30,2	44,1	37,8
Mar	1-15	37,2	33,1	49,7	44,2	62,1	55,2
Mar	16-31	43,7	40,3	58,3	53,7	72,9	67,1
Abr	1-15	30,7	26,3	41,0	35,1	51,2	43,8
Abr	16-30	36,4	32,4	48,5	43,2	60,6	54,0
May	1-15	24,1	18,5	32,2	24,7	40,2	30,8
May	16-31	25,0	19,9	33,3	26,6	41,6	33,2
Jun	1-15	31,3	27,8	41,7	37,0	52,2	46,3
Jun	16-30	25,2	20,5	33,6	27,4	42,0	34,2
Jul	1-15	26,3	21,7	35,0	28,9	43,8	36,1
Jul	16-31	28,0	21,5	37,3	28,7	46,7	35,9
Ago	1-15	30,5	26,9	40,7	35,8	50,9	44,8
Ago	16-31	35,0	30,3	46,7	40,4	58,3	50,5
Sep	1-15	29,0	24,1	38,7	32,2	48,4	40,2
Sep	16-30	35,7	32,3	47,6	43,0	59,5	53,8
Oct	1-15	28,8	23,4	38,4	31,3	48,0	39,1
Oct	16-31	30,8	24,8	41,1	33,1	51,3	41,4
Nov	1-15	33,8	30,0	45,1	40,0	56,4	50,0
Nov	16-30	24,6	19,6	32,9	26,2	41,1	32,7
Dic	1-15	23,3	19,2	31,1	25,6	38,9	32,0
Dic	16-31	23,6	19,6	31,4	26,1	39,3	32,6

Finalmente, es importante señalar que existe una gran cantidad de pequeños productores cuyos huertos de arándano no superan las 3 ha, y por ello no justifican, económicamente, la propiedad de un tractor con nebulizadora. Para ellos es suficiente una pulverizadora de mochila, cuya CET es pequeña y puede ir de 0,031 a 0,063 ha h<sup>-1</sup> (4 a 2

jornadas-hombre ha<sup>-1</sup>), dependiendo de la edad del huerto, cantidad de follaje presente, clase y grado de enmalezamiento, velocidad del obrero, largo de las hileras, y de la distancia al lugar de reposición de la solución química a aplicar (Pedro Carrasco, 2002, Ingeniero Agrónomo, comunicación personal).

**Cuadro 6. Tamaño (ha) de los huertos de arándano (*Vaccinium* sp.) de la zona de Los Ángeles que se pueden asperjar con la nebulizadora de MENOR capacidad según el tamaño de las ventanas de aplicación de plaguicidas, velocidad de avance, y nivel de probabilidad.**

**Table 6. Size (ha) of the blueberry (*Vaccinium* sp.) orchards in the Los Angeles area, Chile, that can be sprayed with the SMALLEST capacity fogger according with pesticide application windows, forward speed and probability level.**

Período	Velocidad de avance y nivel de probabilidad					
	3 km h <sup>-1</sup>		4 km h <sup>-1</sup>		5 km h <sup>-1</sup>	
	0,7	0,8	0,7	0,8	0,7	0,8
Ene 1-15	14,7	12,6	19,6	16,8	24,6	21,0
Ene 16-31	15,1	13,0	20,2	17,4	25,2	21,7
Feb 1-14	15,2	12,5	20,2	16,6	25,3	20,8
Feb 15-29	16,3	13,9	21,7	18,6	27,1	23,2
Mar 1-15	22,9	20,4	30,6	27,2	38,2	34,0
Mar 16-31	26,9	24,8	35,9	33,0	44,9	41,3
Abr 1-15	18,9	16,2	25,2	21,6	31,5	27,0
Abr 16-30	22,4	19,9	29,8	26,6	37,3	33,2
May 1-15	14,9	11,4	19,8	15,2	24,8	19,0
May 16-31	15,4	12,3	20,5	16,4	25,6	20,5
Jun 1-15	19,3	17,1	25,7	22,8	32,1	28,5
Jun 16-30	15,5	12,6	20,7	16,9	25,9	21,1
Jul 1-15	16,2	13,3	21,5	17,8	26,9	22,2
Jul 16-31	17,2	13,2	23,0	17,6	28,7	22,1
Ago 1-15	18,8	16,5	25,1	22,1	31,3	27,6
Ago 16-31	21,5	18,7	28,7	24,9	35,9	31,1
Sep 1-15	17,9	14,9	23,8	19,8	29,8	24,8
Sep 16-30	22,0	19,9	29,3	26,5	36,6	33,1
Oct 1-15	17,7	14,4	23,6	19,2	29,5	24,0
Oct 16-31	19,0	15,3	25,3	20,4	31,6	25,5
Nov 1-15	20,8	18,5	27,8	24,6	34,7	30,8
Nov 16-30	15,2	12,1	20,2	16,1	25,3	20,1
Dic 1-15	14,4	11,8	19,1	15,8	23,9	19,7
Dic 16-31	14,5	12,0	19,3	16,1	24,2	20,1

## CONCLUSIONES

Existe una cantidad suficiente de días apropiados para realizar las aplicaciones de plaguicidas que requieren los huertos de arándano de la zona de Los Ángeles, provincia de Bío-Bío, durante el período de mayor incidencia de plagas, que va de mayo a noviembre. Ello permite cumplir con el calendario de aplicaciones utilizando las ventanas de aplicación de plaguicidas disponibles.

El análisis probabilístico del tiempo apropiado para aplicar plaguicidas por períodos de un mes muestra una notable disminución del tamaño de

las ventanas de aplicación a niveles de probabilidad más altos; sin embargo, aún así queda un número razonable de días aptos para realizar las aplicaciones. El análisis de los períodos de medio mes muestra la misma tendencia que los períodos mensuales.

La capacidad efectiva de trabajo individual de las nebulizadoras existentes en el mercado es suficiente para cumplir oportunamente con los requerimientos del calendario de aplicación de plaguicidas, considerando las áreas que cubren los huertos de arándano y la magnitud de las ventanas de aplicación.

## RECONOCIMIENTOS

Los autores agradecen el valioso aporte de la Dirección de Investigación de la Universidad de Concepción cuyo financiamiento, a través del Proyecto N° 201.131.001.1.0, hizo posible esta

investigación. También agradecen a los encargados de meteorología del Centro Regional de Investigación Quilamapu del Instituto de Investigaciones Agropecuarias por el acceso a los datos meteorológicos de la Estación Experimental Humán.

## LITERATURA CITADA

- ACHS. 1994. Manual de prevención de riesgos en el uso de plaguicidas. 75 p. Asociación Chilena de Seguridad (ACHS), Santiago, Chile.
- AFIPA. 1999. Manual fitosanitario. 731 p. Asociación Nacional de Fabricantes e Importadores de Productos Fitosanitarios Agrícolas (AFIPA), Santiago, Chile.
- ANASAC. 2002. Manual fitosanitario. 456 p. Agrícola Nacional S.A.C. e I. (ANASAC), Santiago, Chile.
- Baldoin, C. 2001. Guida all'impiego delle macchine per i trattamenti antiparassitari. 126 p. Università di Padova, Padova, Italia.
- Baldoin, C., F. Amistà, S. Beria, and A. Zelante. 2001. Quality of distribution, drift and ground losses from four low-volume orchard sprayers on apple. *Parasitica* 57:115-125.
- Campbell, G., and J. Norman. 1998. An introduction to environmental biophysics. 281 p. Springer Verlag, New York, USA.
- Canavos, A. 1988. Probabilidad y estadística; aplicaciones y métodos. 651 p. McGraw-Hill, México.
- Cavallo, A. 1997. Uso seguro de plaguicidas. Buenos Aires, Argentina. *Marca Líquida* 7(61):5-6.
- Chávez, R., F. Sánchez, y B. Gustavsson. 1997. Chile: berries para el 2000. 133 p. Fundación Chile, Santiago, Chile.
- Del Pozo, A., y P. del Canto. 1999. Áreas agroclimáticas y sistemas productivos de la VII y VIII Regiones. 115 p. Instituto de Investigaciones Agropecuarias, Centro Regional de Investigación Quilamapu, Chillán, Chile.
- FAO. 1996. Código internacional de conducta para la distribución y utilización de plaguicidas. 23 p. FAO, Roma, Italia.
- González, M. 2002. Determinación de ventanas de aplicación de plaguicidas en huertos de kiwi de la zona de Linares. 42 p. Tesis de Ingeniero Civil Agrícola. Universidad de Concepción, Facultad de Ingeniería Agrícola, Chillán, Chile.
- Ibáñez, M., y C. Abarzúa, 1995. Capacidad de trabajo y eficiencia de campo de la maquinaria agrícola. *Boletín de Extensión* N° 35. 34 p. Universidad de Concepción, Facultad de Ingeniería Agrícola, Chillán, Chile.
- INE. 2003. Encuesta maestra agropecuaria. p. 17-32. Instituto Nacional de Estadísticas (INE), Santiago, Chile.
- MAFF. 1998. Green Code; code of practice for the safe use of pesticides on farms and holdings. 111 p. Ministry of Agriculture, Food and Fisheries. Her Majesty Stationary, London, England.
- Magdalena, J., A. di Prinzio, S. Behmer, y C. Ayala. 1997. Factores que afectan la aplicación de agroquímicos en montes frutales. p. 1- 41. Anales del II Congreso Chileno de Ingeniería Agrícola, Chillán. Mayo 7-9, 1997. Universidad de Concepción, Chillán, Chile.
- Matthews, G. A. 2000. Pesticide application methods. 432 p. Blackwell Science, London, England.
- ODEPA. 2003. Mercados agropecuarios. Disponible en: [www.minagri.gob.cl](http://www.minagri.gob.cl). Leído: 10 mayo 2003.
- Riquelme, J. 1997. Optimización de la pulverización neumática con máquina en arco en plantaciones de manzano de alta densidad. 181 p. Tesis doctoral. Universidad Politécnica de Madrid, Escuela Técnica Superior de Ingenieros Agrónomos, España.
- SAG. 1996. Manual de plaguicidas de uso agrícola. 100 p. Servicio Agrícola y Ganadero (SAG), Santiago, Chile.
- Sepúlveda, S. 2002. Determinación de ventanas de aplicación de plaguicidas en huertos de manzano de Ñuble central. 45 p. Tesis de Ingeniero Civil Agrícola. Universidad de Concepción, Facultad de Ingeniería Agrícola, Chillán, Chile.
- Wilkinson, R., P. Balsari, and R. Oberti. 1999. Pest control equipment. *CIGR/ASAE Handbook of agricultural engineering*. p. 269-310. St. Joseph, Michigan, USA.