

EFECTO DE LA ÉPOCA DE APLICACIÓN DEL NITRÓGENO SOBRE SU NIVEL EN LAS HOJAS Y LA PRODUCCIÓN DE FRUTA EN MANZANOS¹

Nitrogen leaf level and fruit yield in apple trees as affected by nitrogen application time

Bruno Razeto M.², Tomás Fichet L.², Juan E. Barriga T.² y Silvia Rojas Z.²

S U M M A R Y

Four application times of sodium nitrate to the soil were compared during three years in adult Granny Smith apple trees: late summer, winter, spring, and late summer/spring split application.

No significant differences were found among the treatments in nitrogen concentrations in the flowers or leaves. Neither were there differences in total growth of trees, fruit yield or individual fruit weight.

Control trees, with no nitrogen application, showed a significantly lower concentration of this element in flowers and leaves. The number of fruits produced by these trees was generally smaller, but the individual weight of their fruits was usually greater, which resulted in lack of significant difference in yield with respect to the trees treated at any of the application times.

Key words: apple tree, Granny Smith, nitrogen, application times, nitrogen level, leaves, flowers, yield.

INTRODUCCIÓN

La época de aplicación del nitrógeno en frutales de hoja caduca todavía es un tema de interés para investigadores, técnicos y productores de fruta. Diferentes investigaciones han tratado de determinar su efecto sobre la absorción, transporte y almacenamiento de este elemento y/o sobre el crecimiento vegetativo y la producción de fruta (Aldrich, 1931; Weinberger y Cullinan, 1934; Overholser, 1939; Forde y Proebsting, 1945; Magness, *et al.*, 1948; Hill-Cottingham y Bollard, 1965; Taylor y Van den Ende, 1969; Goode y Higgs, 1977; Stassen, *et al.*, 1981; Sánchez *et al.*, 1992; Razeto, *et al.*, 1995).

Como se verá más adelante, hay bastante disparidad en cuanto a resultados de estas investigaciones. En algunas se obtuvo mayor producción de fruta con la aplicación en invierno (Overholser, 1939; Goode y Higgs, 1977) mientras que en otras

ésta no fue afectada por la época de aplicación del nitrógeno (Forde y Proebsting, 1945; Magness *et al.*, 1948; Richardson y Meyer, 1990).

En Chile existe controversia entre quienes opinan que el nitrógeno debe ser aplicado en postcosecha o fraccionado o, como ha sido tradicional, sólo en invierno. El objetivo de la presente investigación, en manzano, fue determinar el efecto sobre la composición química de tejidos, el crecimiento vegetativo y la producción de fruta que tiene el nitrógeno según la época en que se aplica.

MATERIALES Y MÉTODOS

El ensayo se realizó en la Estación Experimental Antumapu, Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales, Universidad de Chile, Santiago, entre los años 1990 y 1993, en un huerto experimental de manzanos, conformado por hileras alternadas de la variedad Granny Smith y Starking Delicious. El ensayo se hizo en árboles de la variedad Granny Smith, de 15 años al momento de iniciarse el ensayo y estaban plantados a 5,5 x 3,5 m, sobre portainjerto M-4.

¹Recepción de originales: 10 de enero de 1996.

Parte del Proyecto FONDECYT 90/0965, Nutrición Mineral en Frutales.

²Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales, Universidad de Chile. Casilla 1004, Santiago.

El suelo del huerto corresponde a la serie Santiago, de textura franca y con una profundidad de 60 cm, bajo el cual existe un subsuelo de gravas y piedras (60% del volumen) en matriz franco arenosa. El suelo en sus primeros 30 cm tiene 2,3% de materia orgánica y pH 7,8.

Durante los tres años que duró el ensayo, el suelo del huerto fue manejado con herbicidas sobre las hileras y rastrajes entre las hileras. El riego se efectuó por surcos, desde los inicios de la brotación hasta un mes antes de la caída de las hojas. La precipitación anual fue de 224 mm en 1990; 446 mm en 1991 y 482 mm en 1992, concentrada principalmente entre mayo y septiembre de cada año. El tamaño, vigor y estado nutricional de los árboles era parejo y normal, a excepción del nitrógeno cuyo nivel foliar se encontraba bajo, al inicio del ensayo.

Los tratamientos consistieron en la aplicación anual de 4 kg de salitre sódico (nitrato de sodio 16% N) por árbol, equivalente a 332 kg de nitrógeno por hectárea, en distintas épocas durante los tres años consecutivos:

Tratamiento 1. Fines de verano, postcosecha: 4 kg el 22 de marzo de 1990, el 25 de marzo de 1991 y el 15 de abril de 1992.

Tratamiento 2. Invierno: 4 kg el 16 de julio de 1990, el 2 de agosto de 1991 y el 23 de julio de 1992.

Tratamiento 3. Primavera: 4 kg el 17 de octubre de 1990, el 4 de octubre de 1991 y el 20 de octubre de 1992.

Tratamiento 4. Mitad fines de verano, mitad primavera: 2 kg el 22 de marzo de 1990, el 25 de marzo de 1991, el 15 de abril de 1992 y 2 kg el 17 de octubre de 1990, el 4 de octubre de 1991 y el 20 de octubre de 1992.

La cantidad de nitrógeno utilizada se consideró como normal para la edad y estado de los árboles.

En cada oportunidad el fertilizante fue aplicado en un surco a ambos costados del árbol, distante 80 cm del tronco. El fertilizante aplicado a fines de verano y en primavera fue incorporado al suelo mediante riegos efectuados inmediatamente después de la aplicación. En invierno, la incorporación ocurrió con el agua de lluvias.

Los árboles no recibieron ninguna otra fertilización durante los tres años que duró el ensayo.

Se utilizó un diseño experimental de bloques completos al azar, con cinco repeticiones (árboles por tratamiento). Los árboles tratados quedaron aislados entre sí por un árbol sin tratar en un sentido y por una hilera de la variedad Starking Delicious en el otro.

A partir del segundo año se incorporó al ensayo cinco árboles sin aplicación del fertilizante durante los tres años que duró el ensayo. Estos árboles se ubicaban aleatoriamente, uno en cada bloque.

Cada año se determinó el nivel de nitrógeno en las flores, para lo cual se colectaron muestras individuales de 50 flores por árbol en la plena floración (4 de octubre de 1990, 4 de octubre de 1991 y 6 de octubre de 1992). Mensualmente se determinó el nivel de nitrógeno en las hojas, desde la brotación hasta fines de la temporada. Para este fin, en cada oportunidad se tomaron muestras individuales de 50 hojas por árbol desde los dardos sin frutos. El nitrógeno se determinó con el método microkjeldahl mediante digestión de 100 mg de tejido en ácido sulfúrico más catalizador, destilación por arrastre de vapor y posterior titulación con ácido clorhídrico.

Al inicio y al término del ensayo se midió el perímetro de los troncos, a la misma altura desde el suelo, justo sobre el punto de unión patrón-injerto. A la cosecha, cada año se pesó la producción y se contó el número de frutos por árbol.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Concentración de nitrógeno en las flores

El nivel de nitrógeno en las flores (Cuadro 1) no presentó diferencias significativas entre los tratamientos en ninguno de los tres años, lo cual estaría señalando que esta variable fue independiente de la época de aplicación del elemento al suelo. Este resultado coincide con los presentados por Magness *et al.* (1948), en manzano, y por Taylor y Van den Ende (1969), en duraznero. En cambio, discrepa con los resultados de Razeto *et al.* (1995), en durazneros, donde la aplicación de invierno determinó un mayor contenido de nitrógeno en las flores que aquella efectuada en otras épocas.

Por otra parte, cuando al tercer año se midió el nivel de nitrógeno en las flores, de árboles testigo que no recibieron el fertilizante, se pudo observar que ellas presentaron una concentración de nitrógeno significativamente menor que en los árboles tratados, lo cual demostraría que el contenido de

CUADRO 1. Concentración de nitrógeno en las flores (% base peso seco)

TABLE 1. Nitrogen concentration in flowers (% dry weight basis)

Época aplicación N	Año		
	Primero	Segundo	Tercero
Fines de verano	3,08 a	2,45 a	2,72 ab ¹
Invierno	2,94 a	2,59 a	2,60 ab
Primavera	2,75 a	2,40 a	2,86 a
Mitad fines verano, mitad primavera	2,81 a	2,48 a	2,63 ab
Testigo	-	-	2,41 b

¹Cifras con distintas letras en la columna presentan diferencias significativas (P ≤ 0,05) (Duncan).

nitrógeno en las flores efectivamente es influido por la cantidad de este elemento aplicado al suelo vía fertilización.

Concentración de nitrógeno en las hojas

La concentración de nitrógeno en las hojas a través de las tres temporadas de crecimiento (figuras 1, 2 y 3), no presentó diferencia significativa entre los tratamientos, cualquiera fuese la época de recolección de las hojas. Ello indicaría una baja sensibilidad por parte del follaje a la época en que el nitrógeno fue aplicado al suelo. La comparación con el testigo, sin aplicación de este elemento, señala que todas las épocas de aplicación fueron igualmente efectivas en cuanto

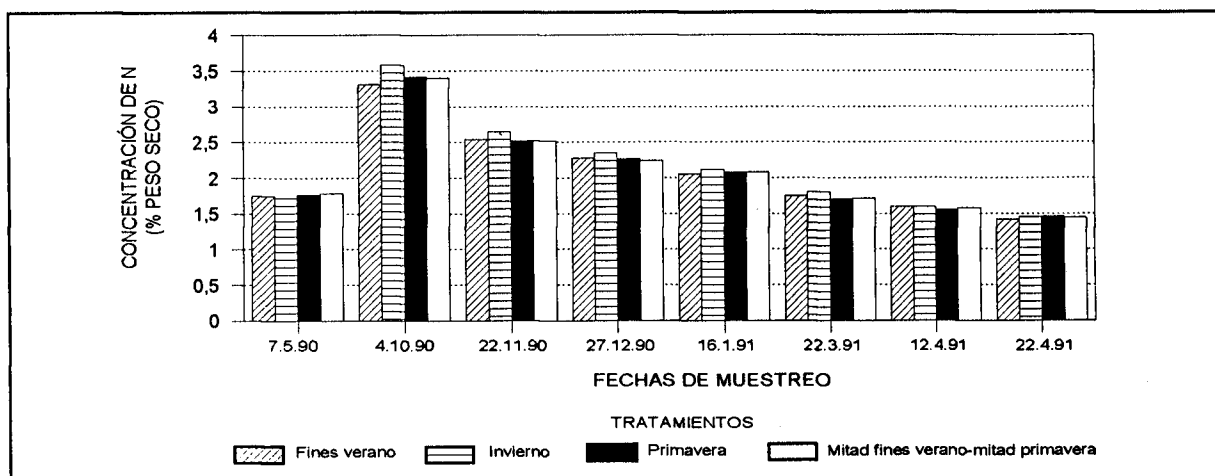


FIGURA 1. Concentración de nitrógeno en hojas durante la primera temporada.

FIGURE 1. Nitrogen concentration in leaves throughout the first season.

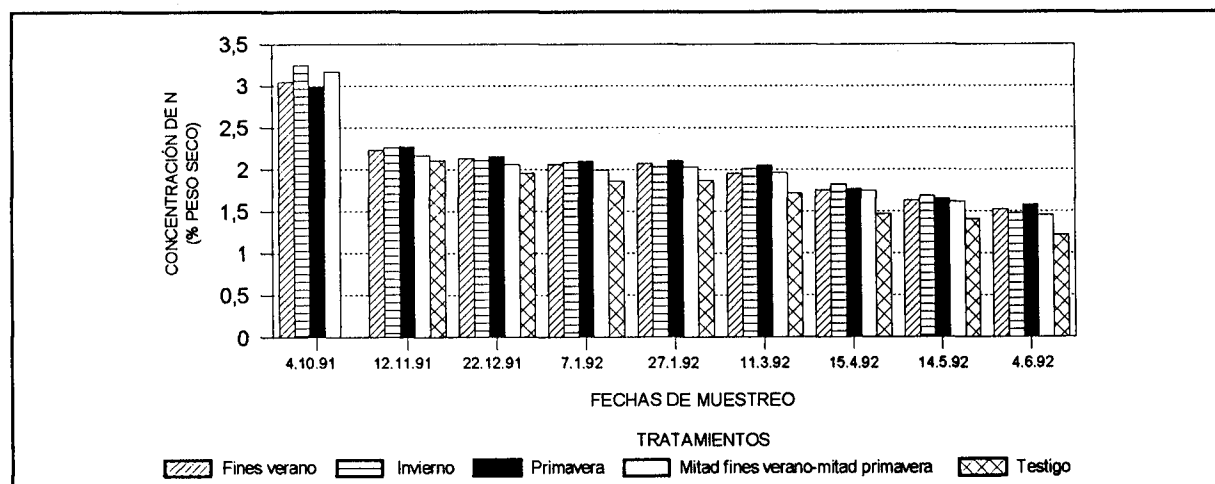


FIGURA 2. Concentración de nitrógeno en hojas durante la segunda temporada

FIGURE 2. Nitrogen concentration in leaves throughout the second season.

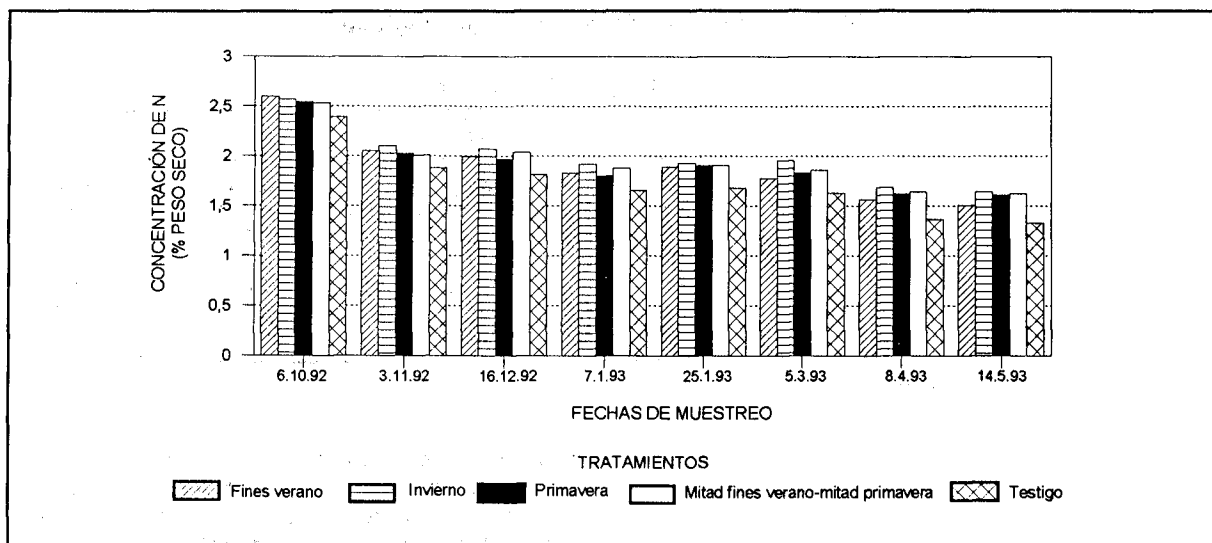


FIGURA 3. Concentración de nitrógeno en hojas durante la tercera temporada.

FIGURE 3. Nitrogen concentration in leaves throughout the third season.

a mantener un nivel adecuado de nitrógeno en las hojas. El testigo, en cambio, según estándares (Beutel *et al.*, 1978; Ruiz, 1986a), muestra un nivel deficiente. A partir del segundo año dicho nivel va distanciándose de aquel de los árboles tratados, y esta diferencia, es cada vez mayor a medida que avanza la temporada de crecimiento (figuras 2 y 3).

Estos resultados coinciden con los encontrados por Forde y Proebsting (1945), en durazneros y ciruelos, Hill-Cottingham y Bollard (1965), en manzanos y Richardson y Meyer (1990), en nogales. En todos estos casos, no se presentó diferencia en la época de aplicación de nitrógeno al suelo sobre el nivel del elemento en las hojas.

En cambio, Taylor y Van den Ende (1969), trabajando en durazneros, señalan que el nitrógeno aplicado a fines del verano determinaba un mayor nivel de este elemento en las hojas a comienzos de la temporada de crecimiento siguiente. Por su parte, Weinberger y Cullinan (1934), comparando entre aplicación de fines de verano y primavera encontraron que esta última producía un mayor nivel de nitrógeno en las hojas. El nivel más bajo lo obtuvieron cuando se aplicó la dosis en dos parcialidades, la mitad a fines de verano y la restante en primavera. Finalmente, Razeto *et al.* (1995), en duraznero, obtuvieron el nivel más alto con la aplicación de invierno.

Crecimiento de los árboles

Al inicio del ensayo todos los árboles presentaban similar grosor de tronco. El incremento en perímetro de tronco que los árboles tuvieron transcurridos los tres años que duró el ensayo (Cuadro 2), no presentó diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos, lo cual demuestra que la época de aplicación del fertilizante nitrogenado no influyó en el crecimiento total de los árboles.

CUADRO 2. Incremento en el diámetro de tronco durante los tres años del ensayo

TABLE 2. Increase in trunk diameter during the three years of the experiment

Época aplicación N	Incremento, %
Fines verano	9,61
Invierno	12,17
Primavera	10,81
Mitad fines verano, mitad primavera	8,39

No se presentó diferencias significativas entre las épocas.

Producción de fruta

La producción de fruta (kilogramos por árbol) no fue significativamente afectada por la época de aplicación del fertilizante nitrogenado (Cuadro 3). Tampoco se vieron afectados los árboles testigo, deficientes en nitrógeno, para ninguna de las temporadas, aunque su rendimiento fue menor.

CUADRO 3. Producción de fruta por árbol (kg)

TABLE 3. Fruit production per tree (kg)

Época aplicación N	Año			Promedio
	Primero	Segundo	Tercero	
Fines verano	99,2	118,5	101,8	106,5
Invierno	101,6	115,0	116,7	111,1
Primavera	94,4	111,8	97,0	101,1
Mitad fines verano, mitad primavera	102,8	110,8	109,2	107,6
Testigo	-	89,0	85,2	87,1

No se presentó diferencias significativas entre las épocas.

En el caso del número de frutos por árbol, contados a la cosecha, tampoco existieron diferencias significativas entre las épocas de aplicación (Cuadro 4). En cambio, en este parámetro sí hubo diferencias con el testigo, el cual presentó una cifra significativamente menor que en los árboles tratados. Esto demuestra que, si bien la época de aplicación no influyó sobre la capacidad de fructificación del árbol, el nivel de abastecimiento de nitrógeno que éste tiene, sí lo hizo. El hecho que el testigo presentara un número inferior de frutos por árbol y no una producción significativamente menor, se explica por el mayor tamaño que alcanzaron sus frutos (Cuadro 5). Al parecer, la menor fructificación que tuvieron esos árboles, fue compensada con un mayor crecimiento de los frutos.

Los resultados obtenidos en la presente investigación coinciden con los de Forde y Proebsting (1945), en durazneros y ciruelos, Magness *et al.* (1948), en manzanos, y Richardson y Meyer (1990), en nogales. Todos ellos compararon fechas de aplicación similares a las empleadas en el presente ensayo y no tuvieron diferencias significativas entre ellas sobre la producción de fruta. En cambio, Goode y Higgs (1977) comparando épocas de aplicación de otoño, invierno, pri-

mavera y verano, en manzanos, durante 14 años, obtuvieron el mayor rendimiento con la aplicación de invierno y el menor con la de verano. Sin embargo, desde el décimo año del ensayo en adelante las producciones se uniformaron. Por su parte, Overholser (1939) probando similares fechas de aplicación, en manzanos, también obtuvo los mejores rendimientos con la aplicación de invierno.

Las diferencias entre los resultados de las investigaciones podrían estar relacionadas con las condiciones climáticas, especialmente temperaturas y precipitaciones, reinantes en cada caso, como asimismo con las características del suelo y la productividad de los árboles.

También se calculó la producción en relación a la sección transversal de tronco, pero los resultados no se presentan por no diferir con los anteriores en cuanto a significancia estadística.

De la presente investigación se puede concluir que en manzano cv. Granny Smith, y bajo las condiciones en que se desarrolló el ensayo, el nitrato es igualmente efectivo en cuanto a mantener un nivel adecuado de nitrógeno en flores y hojas,

CUADRO 4. Número de frutos producidos por árbol

TABLE 4. Number of fruits per tree

Época aplicación N	Año			Promedio
	Primero	Segundo	Tercero	
Fines verano	921,0 a ¹	986,2 a	719,2 a	875,5 a
Invierno	954,8 a	962,8 a	738,6 a	885,4 a
Primavera	828,4 a	951,4 a	686,2 a	822,0 a
Mitad fines verano, mitad primavera	915,2 a	891,2 a	734,6 a	847,0 a
Testigo	-	645,2 b	511,4 b	578,6 b

¹Cifras con distintas letras en cada columna presentan diferencias significativas ($P \leq 0,05$) (Duncan).

CUADRO 5. Peso individual del fruto (g)

TABLE 5. Individual fruit weight (g)

Época aplicación N	Año			Promedio
	Primero	Segundo	Tercero	
Fines de verano	107,7 a ¹	120,2 a	141,5 a	123,1 a
Invierno	106,4 a	119,4 a	158,9 a	127,9 a
Primavera	114,0 a	117,5 a	141,4 a	124,3 a
Mitad fines verano, mitad primavera	112,3 a	124,3 a	148,6 a	128,4 a
Testigo	—	137,9 b	166,6 a	152,2 b

¹Cifras con distintas letras en cada columna presentan diferencias significativas ($P \leq 0,05$) (Duncan).

como también sobre el crecimiento de los árboles y la producción de fruta, cuando es aplicado en cualquiera de las siguientes épocas: fines de verano, invierno, primavera o mitad a fines de verano con mitad en primavera.

Estos resultados podrían obedecer a un insuficiente nivel de respuesta de los árboles al nitrógeno, probablemente debido al rendimiento relativamente bajo de los árboles. Ruiz (1986b), obtuvo positiva respuesta en rendimiento a aplicaciones de este elemento al suelo, en árboles de mayor producción y, por lo tanto, de mayor demanda.

RESUMEN

En manzanos adultos, cv. Granny Smith, se compararon durante tres años cuatro épocas de aplicación de nitrato de sodio al suelo: fines de verano, invierno, primavera, y la dosis dividida mitad a fines de verano y mitad en primavera.

No se presentaron diferencias significativas entre los tratamientos en la concentración de nitrógeno en las flores ni en las hojas. Tampoco hubo diferencias significativas en el crecimiento total de los árboles, en la producción de fruta, ni en el peso individual del fruto.

Árboles testigo, sin aplicación de nitrógeno, presentaron una concentración significativamente menor de este elemento en las flores y en las hojas. El número de frutos producidos por estos árboles fue generalmente menor, pero el peso individual de sus frutos fue generalmente mayor, lo cual determinó inexistencia de diferencias significativas en producción de fruta, en relación a los árboles tratados en cualquiera de las épocas.

Palabras claves: manzano, Granny Smith, nitrógeno, épocas de aplicación, nivel de nitrógeno, hojas, flores, rendimiento.

LITERATURA CITADA

- ALDRICH, W. 1931. Nitrogen intake and translocation in apple trees following fall, winter and spring sodium nitrate applications. *Proc. Amer. Soc. Hort. Sci.* 28: 532-538.
- BEUTEL, J., URIU, K. and LILLELAND, O. 1978. Leaf analysis for California deciduous fruits. Pag. 11-14. In: Reisenauer, H. (ed.). *Soil and Plant Tissue Testing in California*. Bull. 1879 Div. Agric. Sc. Univ. of California, U.S.A. 54 p.
- FORDE, H. and PROEBSTING, E. 1945. Utilization of ammonia supplied to peaches and prunes at different seasons. *Hilgardia*. 16(9): 411-425.
- GOODE, J. and HIGGS, K. 1977. Effect of time of application of inorganic nitrogen fertilizers on apple trees in grassed orchard. *Jour. Hort. Sci.* 52: 317-354.
- HILL-COTTINGHAM, D. and BOLLARD, E. 1965. Chemical changes in apple tree tissues following applications of fertilizer nitrogen. *N. Z. Jour. Agric. Res.* 8: 778-787.
- MAGNESS, J., BATJER, L. and REGEIMBAL, L. 1948. Apple-tree response to nitrogen applied at different seasons. *Jour. Agric. Research* 76(1): 1-25.
- OVERHOLSER, E. 1939. The effect of time of nitrogen application upon the response of Jonathan apples. *Proc. Am. Soc. Hort. Sci.* 37: 81-85.
- RAZETO, B., FICHET, T. y ROJAS, S. 1995. Efecto de la época de aplicación del fertilizante nitrogenado sobre el nivel de nitrógeno en yemas, flores y hojas de duraznero. *Investigación Agrícola* 15(1-2): 1-6.

- RICHARDSON, W. and MEYER, R. 1990. Spring and summer nitrogen applications to Vina walnuts. California Agriculture 44(4): 30-32.
- RUIZ, R. 1986a. Fertilización nitrogenada en manzanos. I. Efecto en producción y calidad de fruta. Agricultura Técnica (Chile) 46(3): 307-313.
- RUIZ, R. 1986b. Fertilización nitrogenada en manzanos. II. Niveles foliares, extracción de nutrientes y eficiencia de uso de nitrógeno. Agricultura Técnica (Chile) 46(3): 315-321.
- SÁNCHEZ, E., RIGHETTI, T., SUGAR, D. and LOMBARD, P., 1992. Effects of timing of nitrogen application on nitrogen partitioning between vegetative, reproductive and structural components of mature Comice pears. Jour. Hort. Sci. 67(1): 51-58.
- STASSEN, P., TERBLANCHE, J. and STRYDOM, D. 1981. The effect of time and rate of nitrogen application on development and composition of peach trees. Agroplanta 13: 55-61.
- TAYLOR, B. and VAN DEN ENDE, B. 1969. The nitrogen nutrition of the peach tree. IV. Storage and mobilization of nitrogen in mature trees. Aust. Jour. Agric. Res. 20: 869-881.
- WEINBERGER, J. and CULLINAN, F. 1934. Nitrogen intake and growth response in peach trees following fall and spring fertilizer applications. Proc. Amer. Soc. Hort. Sci. 32: 65-69.