

I VIDAL\*  
R FERRADA\*  
E RIQUELME\*

### Summary

*The seasonal variation of N, P, K, Ca, Mg, Na, Cu, Mn, Fe y Zn was studied in a 6 years old stand of Pinus radiata D Don. According to the variability of the elements the sampling period was important for K, Ca, Zn, Fe and Mn and less important for N, P, Mg and Na. On the other hand, the sampling period seems to have any influence on Cu. The stability period occurs at different times for each nutrient. However there were two typical stages recommended as tentative sampling periods: 1) 15 to 42 days after pollinization (since August 20 to September 20) the macronutrients, Cu and Na remain stable, and 2) 70 to 112 days after pollinization (since October 15 to November 30) when no change has been observed for the micronutrients as well as Ca and K.*

### Introducción

**E**n los últimos 8 años se han plantado en Chile un total de 635 000 ha de *Pinus radiata* D. Don, de las cuales el 40% se concentran en la Región VIII (2). En un importante porcentaje de estas plantaciones se aprecian daños fenotípicos, característicos de deficiencias nutricionales, especialmente de nitrógeno, fósforo, cobre y boro, lo cual se materializa en la pérdida del valor económico del bosque (1, 11).

En la literatura mundial hay muy pocos antecedentes sobre la nutrición de esta especie, ya que tiene importancia principalmente en Nueva Zelanda, África del Sur, Australia y Chile. Aún más, los escasos datos que existen no pueden ser aplicados ventajosamente, por las características tan especiales de desarrollo que posee esta especie en Chile. Por ello, se hace necesario estudiar, en su nicho ecológico, el comportamiento nutricional de esta especie.

La técnica más usada para el diagnóstico nutricional y para predecir respuesta a la fertilización en cultivos perennes arbóreos, es el análisis foliar. Los traba-

jos que existen sobre la nutrición del *P. radiata* D. Don en Chile y que usan como método de diagnóstico el análisis foliar, se han hecho preferentemente en viveros (3, 5, 12, 13, 14, 18) y, por consiguiente, no son extrapolables a plantaciones adultas.

La época de muestreo es importante en el análisis de tejidos, como también para el establecimiento de niveles críticos de los distintos elementos que servirán para diagnosticar el estado nutricional de una especie. Diversos autores (4, 12, 17, 20), han propuesto épocas de muestreo, considerando para ello los períodos en que la mayoría de los elementos presentan una mínima variación. De acuerdo a lo señalado por Chapman (4), este período ocurre entre principios y mediados de verano en la mayoría de las especies frutales.

Kosche (12), al estudiar el estado nutricional de las plántulas de *P. radiata* D. Don en viveros, recomienda la recolección de muestras en los meses de abril y mayo. Mead y Will (15), para las condiciones de Nueva Zelanda, proponen para plantas adultas un período de muestreo entre los meses de enero y marzo. Knight (9, 10), bajo estas mismas condiciones edafoclimáticas, encontró variaciones del orden de 9.4 a 31.5% para los diferentes elementos estudiados durante el período vegetativo del *P. radiata* D. Don y señala que es importante estudiar las variaciones de año en año de cada nutriente con el fin

<sup>1</sup> Recibido para publicación el 29 de agosto de 1983.

\* Departamento de Agronomía, Universidad de Concepción, Casilla 537, Chillán, Chile.

de ajustar el procedimiento de muestreo y la interpretación de los análisis foliares

El presente trabajo tiene como objetivos: a) conocer la variación normal anual del contenido de nutrientes minerales en una plantación de *P. radiata* D Don y b) determinar la mejor época de muestreo para propósitos de diagnóstico nutricional.

### Materiales y métodos

El estudio se realizó en una plantación de *P. radiata* D Don de 6 años de edad, de buen vigor y con un adecuado nivel de manejo, situada a 15 km de Chillán, Región VIII (36° 42' de latitud sur y 72° 04' de longitud oeste y a 125 m s n m.)

Se eligieron cuatro parcelas representativas de 10 x 8 m, que se emplearon como repeticiones en el análisis estadístico de los resultados. Cada parcela estaba constituida por 20 árboles

La plantación se encuentra ubicada en un suelo perteneciente a la serie Collipulli y clasificado como Udic Rhodustalf (21), originado a partir de un conglomerado volcánico relativamente antiguo y altamente descompuesto de andesita y basalto. Son suelos de posición intermedia, ondulados a quebrados, susceptibles a erosión severa, con drenaje externo rápido e interno medio. Se efectuó un análisis químico de perfil, cuyos resultados se presentan en el Cuadro 1.

De cada parcela se obtuvieron muestras foliares cada 15 días, aproximadamente, durante el período comprendido entre junio de 1980 a abril de 1981. Los muestreos se efectuaron recolectando acículas apicales del tercio superior de la copa. Cada muestra era puesta en bolsas de polietileno debidamente rotuladas y sometidas posteriormente al proceso de lavado, secado, molienda y análisis.

El nitrógeno se determinó por el método Kjeldahl y el resto de los elementos se extrajeron mediante

digestión ácida (nitro-perclórica). En el extracto se determinó fósforo por colorimetría, potasio y sodio por fotometría de llama. Las determinaciones de calcio, magnesio, cobre, manganeso, hierro y cinc, se realizaron en el mismo digestado nitro-perclórico mediante espectrofotometría de absorción atómica.

### Resultados y discusión

#### Variabilidad de los elementos

En el Cuadro 2 se presentan los coeficientes de variación de los diferentes elementos estudiados. Se observa que el ámbito de variación es de 4 a 35%, presentando los menores valores el N, P, Mg y Cu, en tanto que el K, Ca, Fe, Zn, Mn y Na muestran valores superiores al 16%. Esta variabilidad, asociada a las fechas de muestreo, indica que es necesario contar con las curvas de evolución estacional para las diferentes condiciones edafoclimáticas en que se plante el *P. radiata* D Don, con el propósito de estandarizar la época de muestreo.

Se infiere que es de particular importancia la época de recolección de la muestra foliar en el caso del Ca, Zn, Fe, Mn y K y de mediana importancia para N, P, Mg y Na. En tanto que para el Cu, la época de muestreo parece no tener mayor influencia.

Estos valores de variabilidad concuerdan con lo informado por Knight (9) y Mead y Will (15) para el *P. radiata* D Don, en Nueva Zelanda, como así también con estudios realizados en otras especies (8, 17).

#### Evolución estacional

La evolución estacional del N, P, K, Ca y Mg se indican en la Figura 1. A partir de ella se infiere que la evolución de estos macronutrientes tiende a incrementarse entre los 30 a 60 días después de la polinización (setiembre-octubre), siendo más acusada esta tendencia para P, K y Mg. Alrededor de

Cuadro 1. Características químicas del suelo empleado (promedio de 3 determinaciones).

Profund. cm	pH H <sub>2</sub> O 1:2.5	M.O. %	N-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> ppm	P Olsen ppm	K, Ca, Mg		
					K	Ca	Mg
					meq/100 g de suelo		
0-5	5.7	3.4	17.5	3.0	0.68	3.75	1.50
5-15	5.3	2.2	6.0	4.0	0.38	3.95	1.82
15-25	5.3	1.7	5.3	2.6	0.28	4.10	2.26
25-35	5.7	0.8	5.5	2.0	0.20	2.63	1.07
35-80	5.1	0.4	3.8	1.1	0.10	4.00	1.92

Cuadro 2. Coeficientes de variación (C.V.) de los elementos estudiados.

Elemento	C.V. %	Elemento	C.V. %
Nitrógeno	8.5	Cobre	4.0
Fósforo	12.0	Hierro	23.6
Potasio	21.6	Cinc	30.3
Calcio	35.6	Manganeso	22.0
Magnesio	15.6	Sodio	16.0

los 90 días de la polinización (noviembre), se produce una reducción importante en el contenido mineral. Este descenso, sin embargo, es menos prolongado para Ca y Mg, los cuales aumentan posteriormente, hasta alcanzar los máximos valores de todo el ciclo al final del período.

El comportamiento general de los macronutrientes, se podría explicar porque en setiembre el *P. radiata* D. Don sale de su receso incrementa los niveles foliares. En noviembre, sin embargo, hay un rápido crecimiento vegetativo, lo que causa un descenso en

el contenido mineral de la planta, debido a un fenómeno de dilución. El comportamiento del Ca y Mg al final del ciclo es una consecuencia del envejecimiento de las acículas. Fisiológicamente, esta situación es correcta en cuanto a la tendencia (16) y se ha encontrado en especies como almendro (7, 22), *Pistachio vera* (23) y manzano (19).

De acuerdo a un análisis de correlación que se efectuó entre los distintos elementos, fue posible observar una correlación positiva y significativa ( $P \leq 0.01$ ) entre el P y K ( $r = 0.71^{**}$ ), P y N ( $r = 0.49^*$ ) y Ca y Mg ( $r = 0.63^{**}$ ). Cabe señalar que los niveles de los diferentes nutrientes estudiados estuvieron, durante todo el ciclo, sobre los patrones nutritivos óptimos recomendados por Adams (1) y Will (25).

En la Figura 2 se presentan las evoluciones estacionales de Fe, Mn, Cu, Na y Zn. Se puede observar que estos elementos muestran diferencias importantes entre las fechas de muestreo. Además, la evolución de estos nutrientes concuerdan con las encontradas por Muñoz *et al.* (17) y Childers (6) en otras especies perennes.

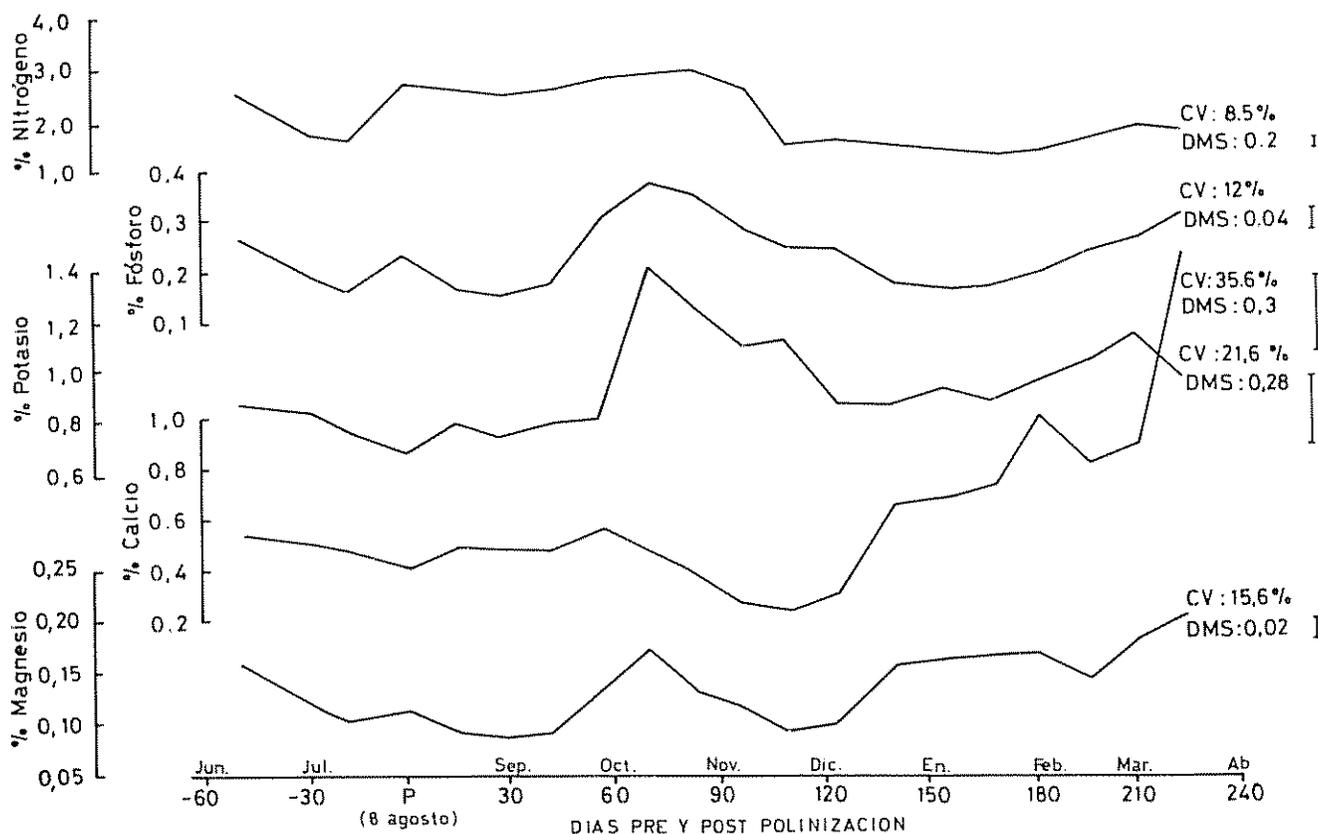


Fig. 1. Evolución estacional de macronutrientes (% materia seca) en *Pinus radiata* D. Don

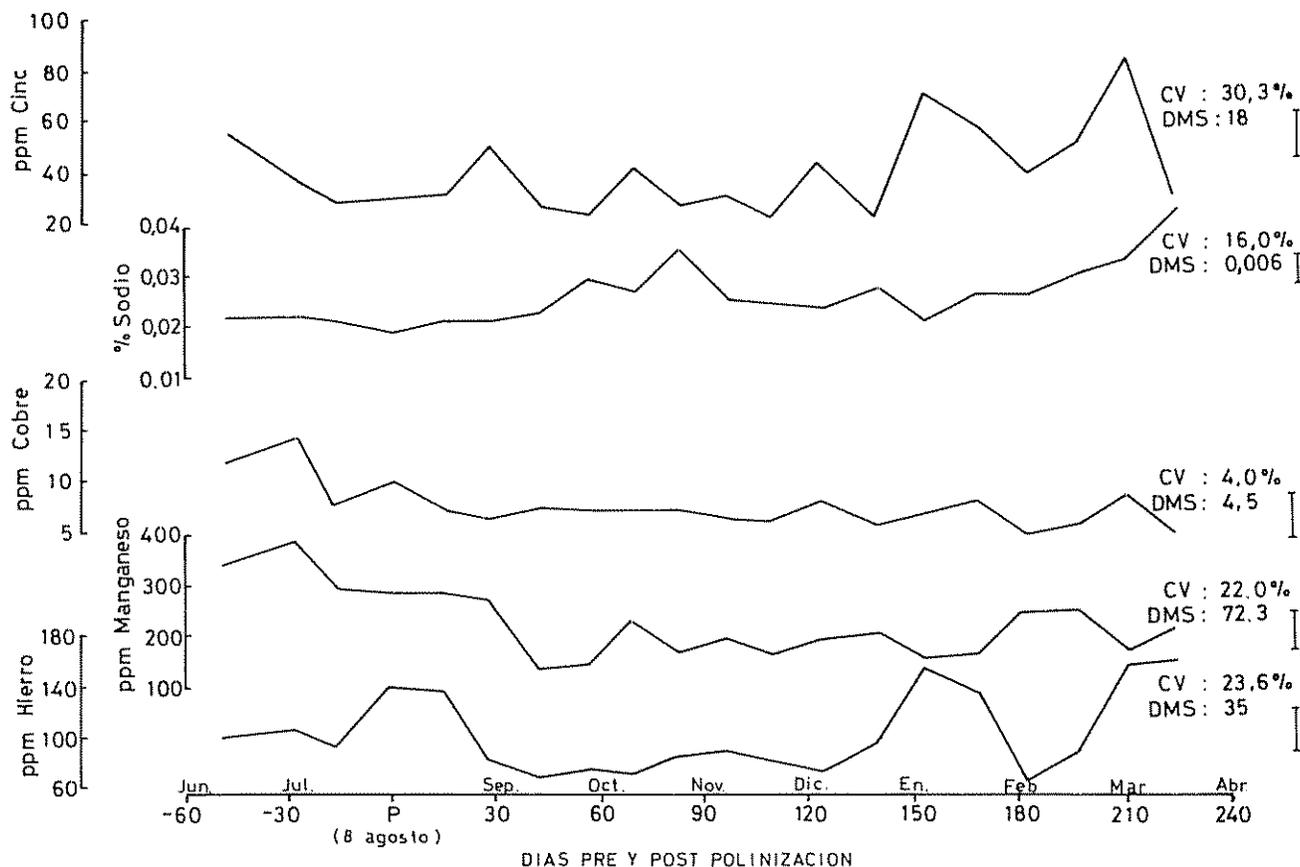


Fig. 2. Evolución estacional de micronutrientes en *Pinus radiata* D. Don.

El Fe, Mn y Zn presentan los niveles más bajos a los 42 días después de la polinización, con un aumento gradual a medida que avanza el periodo de crecimiento. Sin embargo, el Zn mostró una estacionalidad muy variable comparada con los otros microelementos. Además, se manifestó una correlación positiva y significativa ( $P \leq 0.05$ ) entre Zn y el Fe ( $r = 0.44^*$ ), como también entre el Fe y Mg ( $r = 0.49^*$ ) Zn y Ca ( $r = 0.52^*$ ).

La curva de evolución del Na muestra un incremento constante en todo el periodo, manifestando un estrecho grado de asociación con el Mg, P y K ( $r = 0.68^{**}$ ;  $0.55^{**}$  y  $0.50^*$ , respectivamente).

El Cu varió dentro de ámbitos muy estrechos y casi no presentó diferencias significativas entre las fechas consideradas, manteniéndose relativamente estable durante el periodo de estudios, esto concuerda con lo reportado por Kosche (12) en esta especie.

Al igual que los elementos mayores, los micronutrientes estuvieron durante todo el periodo

de estudio por sobre el nivel satisfactorio considerado por Will (25).

#### Período de estabilización de nutrientes

En la Figura 3 se indican los periodos de estabilidad para los diez elementos estudiados, considerando como estabilidad, cuando no había diferencia significativa al nivel ( $P \leq 0.05$ ) entre las diferentes fechas de muestreo.

Se observa que no existe un periodo en que la estabilidad de todos los nutrientes coinciden. Sin embargo, se manifiestan dos fases características, la primera aproximadamente desde el 20 de agosto al 20 de setiembre (15 a 42 días después de la polinización) y la segunda fase desde el 15 de octubre al 30 de noviembre (70 a 112 días después de la polinización). En el primer periodo permanecen estables todos los macronutrientes además del Cu y Na. En tanto que en el segundo periodo, se produce una estabilidad de los micronutrientes como también del Ca y K.

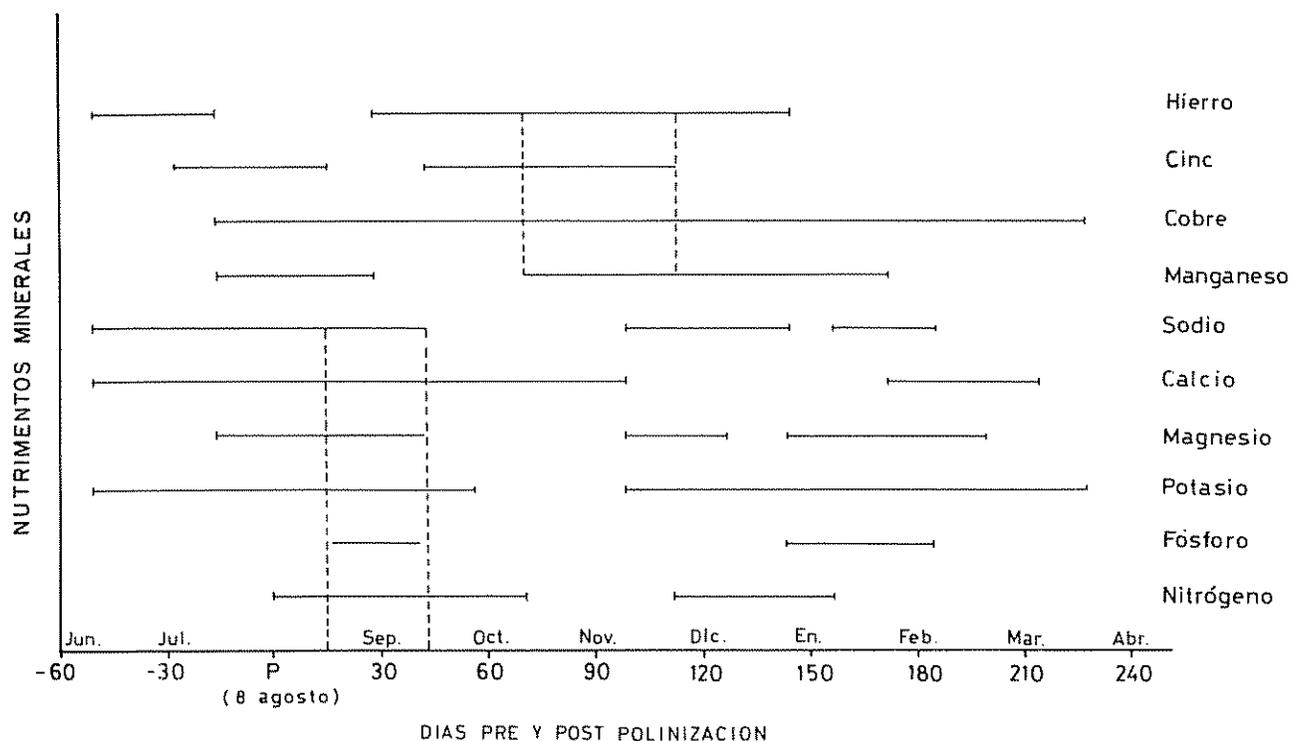


Fig. 3. Períodos de estabilidad de los nutrientes minerales en *Pinus radiata* D. Don

Estos resultados no concuerdan con los obtenidos en Nueva Zelandia por Van den Driessche (24) y Mead y Will (15), quienes encontraron mayor estabilidad entre los meses de enero y marzo y proponen esta época para propósito de muestreo foliar en *Pinus radiata* D. Don. En cambio, según Knight (9) no existe un período claro de estabilidad para la mayoría de los nutrientes, aunque para cada elemento particular si lo hubo durante el ciclo anual.

En consecuencia, para las condiciones edafoclimáticas en que se realizó este estudio, se puede recomendar como fecha tentativa de muestreo para el diagnóstico nutricional en *P. radiata* D. Don en el caso de N, P, K, Ca, Mg y Na, desde el 20 de agosto al 20 de setiembre y para Zn, Cu, Mn y Fe desde el 15 de octubre al 30 de noviembre, aproximadamente.

#### Resumen

En una plantación de *Pinus radiata* D. Don de 6 años de edad, se estudiaron las variaciones estacionales de N, P, K, Ca, Mg, Na, Cu, Mn, Fe y Zn. De acuerdo a la variabilidad de los elementos, la época de muestreo es importante para K, Ca, Zn, Fe y Mn y de mediana importancia para N, P, Mg y Na; para el Cu, la época de muestreo parece no tener mayor in-

fluencia. No existe un período en que la estabilidad de todos los nutrientes coincida; sin embargo, se manifestaron dos fases características que se recomiendan como fechas tentativas de muestreo: 1) 15 a 42 días después de la polinización (20 de agosto al 20 de setiembre, aproximadamente), cuando permanecen estables los macronutrientes, además del Cu y Na y 2) 70 a 112 días después de la polinización (15 de octubre al 30 de noviembre, aproximadamente), cuando permanecen estables los micronutrientes y el Ca y K.

#### Literatura citada

- ADAMS, J. A. Fertilización en plantaciones de *Pinus radiata* en Chile. Chillán, Chile, Corporación Nacional Forestal, 1978. 44 p.
- ANÁLISIS DE LAS PLANTACIONES FORESTALES 1974-1981. Chile Forestal, Chile 7(75):13. 1981
- BURSCHEL N, P. y MARTINEZ, M. O. Ensayo sobre la influencia de densidad y fertilización en la producción de plantas de *Pinus radiata* D. Don. Valdivia, Chile, Universidad

- Austral de Chile. Facultad de Ingeniería Forestal Publicación Científica No 11. 1968 22 p
- 4 CHAPMAN, O Diagnostic criteria for plants and soils Div Agr. Sci University of California, USA, 1966 793 p
  - 5 CHANG O A. y TOLOZA, H T Fertilización con NPK en viveros de pino insignie (*Pinus radiata* D Don). Santiago, Chile, Universidad de Chile (Tesis de Grado), Facultad de Ciencias Químicas y Farmacológicas, 1978 36 p
  - 6 CHILDERS, N F Fruit nutrition, temperate to tropical Hort. Publ Rutgers The State University, New Brunswick, New Jersey, USA, 1966. 888 p
  - 7 ESTEBAN, E ; GOMEZ, M y RECALDE, L Dinámica anual de los macronutrientes en Almendro I Primeros resultados Agrochimica 13(4-5):336-345 1969
  - 8 GIL, G S *et al* Evolución estacional de nutrientes minerales en hojas de vid (*Vitis vinifera* L.) Agricultura Técnica Chile 33(2):45-53 1973
  - 9 KNIGHT, P J. Foliar concentrations of ten mineral nutrients in nine *Pinus radiata* clones during a 15 month period. New Zealand Journal of Forestry Science 8(3): 351-368. 1978.
  - 10 KNIGHT, P J The nutrients content of *Pinus radiata* seedlings: A survey of planting stock from 17 New Zealand forest nurseries New Zealand Journal of Forestry Science 8(1): 54-69 1978.
  - 11 KONOW, H V Ensayos de corrección de carencias de cobre y boro en plantaciones de pino insignie (*Pinus radiata* D Don) (Tesis de grado) Santiago, Chile, Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Químicas y Farmacológicas, 1980 161 p.
  - 12 KOSCHE P. R. Evolución estacional y movilidad interna de los nutrientes minerales en plántulas de *Pinus radiata* D Don (Tesis de grado). Santiago, Chile, Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Químicas, 1977. 32 p
  - 13 LACHICA, M ; KOSCHE, R y GONZALEZ, C El *Pinus radiata* D Don en Chile Determinación de los índices nutritivos óptimos de las plantas. Anales de Edafología y Agrobiología 3(11-12):2 141-2 157 1979.
  - 14 LOPEZ, H. J. Efectos de la fertilización nitrógeno, fósforo y potasio en tres viveros de *P. radiata* D. Don. (Tesis de grado) Santiago, Chile, Universidad de Chile. Escuela de Ingeniería Forestal, 1971. 67 p
  - 15 MEAD, D J and WILL, G M Seasonal and between tree variation in the nutrient levels in *Pinus radiata* foliage New Zealand Journal of Forestry Science 6(1):3-13 1976.
  - 16 MENGEL, K and KIRKBY, E Principles of plant nutrition International Potash Institute Bern/Switzerland, 3rd Edition, 1982. 593 p
  - 17 MUÑOZ, C. *et al* Evolución de nutrientes minerales en hojas de tamarugo (*Prosopis tamarugo* Phil). Agricultura Técnica, Chile 38(2): 61-65 1978
  - 18 PACHECO, L. Estudio de la nutrición mineral en plántulas de pino (*Pinus radiata* D Don). Periodo crítico de adaptación (Tesis de grado). Santiago, Chile, Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Químicas, 1977. 20 p
  - 19 PIJOAN, J L'Index végétatif (I.V.) dans le domaine de la fruticulture et la dynamique des valeurs pendant le cycle végétatif. 4th International Collaboration of Plant Nutrition Proceedings 11:187-198. 1976
  - 20 RODRIGUEZ, S J Diagnóstico foliar Principios y prácticas Santiago, Chile, Universidad Católica de Chile, Facultad de Agronomía, Departamento de Edafología Publicación No 13. 1974 153 p