

**UNIVERSIDAD DE CONCEPCION**

**FACULTAD DE CIENCIAS FORESTALES**

**Departamento de Silvicultura**



**PROSPECCION DE FERTILIDAD EN DIEZ SUELOS  
FORESTALES DE LA VIII REGION, MEDIANTE EL  
METODO CHAMINADE**

Por

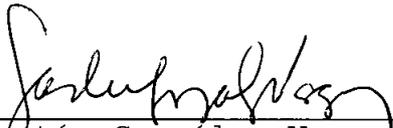
**TERESITA HAYDEE GONZALEZ GAETE**

**MEMORIA PARA OPTAR  
AL TITULO DE  
INGENIERO FORESTAL**

**CONCEPCION - CHILE  
1999**

PROSPECCION DE FERTILIDAD EN DIEZ SUELOS FORESTALES DE LA  
VIII REGION, MEDIANTE EL METODO CHAMINADE

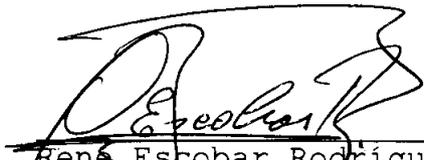
Profesor Asesor



---

Gastón González Vargas  
Profesor Titular  
Ingeniero Agrónomo, M. Sc.

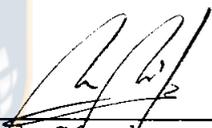
Profesor Asesor



---

René Escobar Rodríguez  
Profesor Asociado  
Técnico Forestal

Director Departamento  
de Silvicultura



---

Manuel Sánchez Olate  
Profesor Asistente  
Ingeniero Forestal, Doctor.

Decano Facultad de  
Ciencias Forestales



---

Fernando Drake Aranda  
Profesor Asociado  
Ingeniero Forestal

Calificación de la memoria de título:

Profesor Gastón González V. : Setenta y ocho puntos  
Profesor René Escobar R. : Ochenta puntos

**A mis queridos padres**



## INDICE DE MATERIAS

CAPITULOS	PAGINA
I INTRODUCCION.....	1
II REVISION BIBLIOGRAFICA.....	3
2.1 Reseña histórica.....	3
2.2 Antecedentes del método.....	5
2.3 Ventajas del método.....	8
2.4 Desventajas del método.....	9
2.5 Diagrama de fertilidad.....	9
a Fertilidad actual y potencial.....	10
b Tipo e intensidad de la deficiencia.....	11
c Jerarquía de las deficiencias.....	11
D Velocidad de agotamiento de los nutrimentos.....	12
III MATERIALES Y METODOS.....	13
3.1 Caracterización del área de estudio.....	13
3.1.1 Identificación de los suelos forestales	13
3.1.2 Caracterización del clima.....	14
3.2 Muestreo de suelos.....	15
3.3 Análisis de suelos.....	15
3.3.1 Análisis físicos.....	15
3.3.2 Análisis químicos.....	15
3.4 Llenado de macetas.....	16
3.5 Nutrimentos empleados.....	16
3.6 Tratamientos de fertilización.....	17
3.7 Siembra.....	18
3.8 Riegos.....	18
3.9 Cosecha.....	18

3.10	Diseño experimental.....	18
3.11	Evaluación.....	19
IV	RESULTADO Y DISCUSION.....	20
4.1	Características físicas de los suelos Estudiados.....	20
4.1.1	Textura.....	20
4.1.2	Humedad aprovechable.....	20
4.2	Características químicas de las series Estudiadas.....	22
4.3	Características de fertilidad de los Suelos estudiados.....	24
4.3.1	Serie Arenales.....	30
4.3.2	Serie Coreo.....	30
4.3.3	Serie Santa Teresa.....	30
4.3.4	Serie Cauquenes.....	34
4.3.5	Serie San Esteban.....	36
4.3.6	Serie Collipulli.....	38
4.3.7	Serie Mininco.....	40
4.3.8	Serie Nahuelbuta.....	42
4.3.9	Serie Curanipe.....	44
4.3.10	Serie Santa Bárbara.....	46
4.4	Jerarquización de las deficiencias.....	48
4.5	Análisis estadístico.....	49
V	CONCLUSIONES.....	62
VI	RESUMEN.....	63
	SUMMARY.....	65
VII	BIBLIOGRAFIA.....	66
VIII	APENDICE.....	74

## INDICE DE TABLAS

TABLA N°		PAGINA
<u>En el texto</u>		
1	Cantidad y sales usadas para el aporte de nutrimentos al suelo.....	17
2	Análisis físico mecánico promedio para las distintas series de suelos estudiadas.....	21
3	Características químicas promedios para las diez series de suelos estudiadas.....	23
4	Rendimiento de materia seca parcial y acumulada por tratamiento y por serie de suelo.....	25
5	Valores de la ecuación $\text{Log } Y = \text{Log } A + mX$ correspondientes a las líneas de fertilidad de los tratamientos realizados en las distintas series.....	29
6	Jerarquía de las deficiencias de las diez series de suelos estudiadas.....	48
7	Valores de la prueba de Bartlett para las diez series de suelos estudiadas.....	49
8	Valores del análisis de varianza para la producción de materia seca de las diez series de suelo estudiadas.....	51
9	Prueba de Tukey para la diferencia entre los valores promedios de materia seca de los distintos tratamientos.....	52

## INDICE DE FIGURAS

FIGURA N°		PAGINA
<u>En el texto</u>		
1	Diagrama de fertilidad de la serie Arenales.....	31
2	Diagrama de fertilidad de la serie Coreo.....	32
3	Diagrama de fertilidad de la serie Santa Teresa.....	33
4	Diagrama de fertilidad de la serie Cauquenes.....	35
5	Diagrama de fertilidad de la serie San Esteban.....	37
6	Diagrama de fertilidad de la serie Collipulli.....	39
7	Diagrama de fertilidad de la serie Mininco.....	41
8	Diagrama de fertilidad de la serie Nahuelbuta.....	43
9	Diagrama de fertilidad de la serie Curanipe.....	45
10	Diagrama de fertilidad de la serie Santa Bárbara.....	47

10	Característica de fertilidad de las diez series de suelo, deducida del ensayo en macetas al inicio del ensayo.....	58
11	Características de fertilidad de las diez series de suelo, deducida del ensayo en macetas considerando un uso intensivo del suelo.....	59

En el Apéndice

1 A	Análisis de varianza para la producción de materia seca de la serie Arenales.....	74
2 A	Análisis de varianza para la producción de materia seca de la serie Coreo.....	74
3 A	Análisis de varianza para la producción de materia seca de la serie Santa Teresa.....	74
4 A	Análisis de varianza para la producción de materia seca de la serie Cauquenes.....	75
5 A	Análisis de varianza para la producción de materia seca de la serie San Esteban.....	75
6 A	Análisis de varianza para la producción de materia seca de la serie Collipulli.....	75
7 A	Análisis de varianza para la producción de materia seca de la serie Mininco.....	76
8 A	Análisis de varianza para la producción de materia seca de la serie Nahuelbuta.....	76
9 A	Análisis de varianza para la producción de materia seca de la serie Curanipe.....	76
10 A	Análisis de varianza para la producción de materia seca de la serie Santa Bárbara.....	77

## **I INTRODUCCION**

El desarrollo de proyectos de inversión sustentados en la creación y manejo de recursos forestales requiere, entre otros, del conocimiento de las variables del sitio que en definitiva determinarán la productividad y la rentabilidad de éstos. Así cobra importancia la predicción de la fertilidad actual de los suelos, como una herramienta eficaz para decidir acertadamente donde invertir en la creación y/o manejo de masas forestales basado en un criterio económico, a objeto de maximizar la producción de un determinado bien en uno o más ciclos del bosque, a costos razonables.

Frente a la falta de antecedentes relativos a la fertilidad actual de los suelos forestales, el presente estudio tiene como objetivo realizar una prospección de esta variable en las principales series de suelos de la VIII Región que tienen una aptitud forestal (Series Arenales, Coreo, Santa Teresa, Cauquenes, San Esteban, Collipulli, Mininco, Curanipe, Nahuelbuta y Santa Bárbara).

La prospección de la fertilidad se desarrollará, a través de la metodología propuesta por Chaminade, que consiste en el ensayo de cultivos en macetas, que por medio de la técnica del elemento faltante permite entregar información relativa a cual son los nutrimentos deficitarios y sus respectivas velocidades de agotamiento, para cada una de las series de suelos analizadas, sin cuantificar las dosis de las deficiencias.

A través de ésta técnica también se define, mediante el cultivo de una planta indicadora, la naturaleza, intensidad y jerarquía de las deficiencias.

En función de los resultados obtenidos se realiza posteriormente una evaluación y clasificación de la calidad de los suelos forestales.



## II REVISION BIBLIOGRAFICA

### 2.1 Reseña Histórica.

Los primeros ensayos utilizando la técnica de Chaminade en la agricultura datan del año 1883 en los trabajos de Hiellriegel y Wagner (citados por Schenkel et al, 1970; Valenzuela, 1985; Duarte, 1987; Reveco, 1989).

Killian y Velly en 1964, utilizaron una técnica similar para detectar deficiencias nutritivas en un suelo ferralítico de Ambatobe, Tananarive (Africa). El mismo año Chaminade, (citado por Schenkel et al, 1971c) investiga mediante éste método las deficiencias nutritivas en distintos tipos de suelos en Francia, Nigeria, y otros países africanos, usando para ello "ballica inglesa" como especie indicadora. El mismo método es usado en suelos de Madagascar por Roche, Velly y Celton en 1964 (citados por Schenkel et al. , 1971 c).

El ensayo en macetas propuesto por Chaminade el año 1964 es utilizado por algunos investigadores para determinar deficiencias nutritivas en distintos suelos de nuestro país. Es así como Araos (1967), lo utiliza en las series de suelos de la provincia de Ñuble tales como: Santa Bárbara, Arrayán, Mirador, Mañil, Collipulli, San Carlos, Quella, Arenales, Cauquenes y San Esteban.

A su vez, Schenkel et al. (1970, 1971h, 1971i), utilizaron éste método para investigar once suelos derivados de cenizas volcánicas de la provincia de Cautín.

A través del método se estudiaron trescientos cincuenta suelos entre las provincias de Malleco y Aysén ambas inclusives, (Schenkel et al. 1971a, 1971b, 1971f, 1971g, 1972a, 1972b, 1972c, 1973a, 1973b, 1973c, 1973d, 1974a, 1974b, 1974c, 1974d, 1975, 1982f). Barros y Reyes (1976), investigaron deficiencias nutritivas en tres suelos de arcillas negras de la provincia de Santiago, en tanto Castro (1976) lo utiliza en tres suelos aluviales de la misma provincia.

Schenkel et al. (1980, 1982a, 1982b, 1982c, 1985) investigaron las carencias nutricionales en setenta muestras de suelos de la provincia de Bío-Bío y setenta y tres muestras de la provincia de Arauco.

Fuentes (1983), utilizó éste método para determinar deficiencias de cobre en suelos Andeptos.

Valenzuela (1985), empleó el método en suelos forestales de la VIII Región utilizando las series Arenales y Coreo del sector Cholguán-Canteras que cubren una superficie de treinta mil hectáreas. Determinó deficiencias graves de nitrógeno y de fósforo, leve de cinc como eventualmente de calcio, magnesio, manganeso y molibdeno. A medida que se intensificó el uso del suelo se transformaron en carencias importantes el potasio y el azufre.

Las velocidades de agotamiento más intensas en los suelos agrícolas y forestales chilenos las poseen los elementos nitrógeno, azufre, potasio y fósforo.

Duarte (1986) con esta metodología estudió nueve grupos de suelos de la Cordillera de la Costa de la VII Región, abarcando una superficie de treinta mil hectáreas. Determinó una deficiencia grave de nitrógeno y fósforo y leve del grupo "Ve" (calcio, cinc, manganeso, molibdeno, cobre). Las velocidades de agotamiento mayores pertenecen a fósforo, nitrógeno, potasio, azufre y al grupo "Ve".

Por último Reveco (1989), realizó una prospección de fertilidad en tres grupos de suelos de la pre-cordillera Andina de la VII Región. Determinó una deficiencia grave de nitrógeno, intermedia del grupo "Ve" (cinc, manganeso y molibdeno) y fósforo, leve de magnesio. A mayor intensidad de uso del suelo los elementos fierro y azufre se transforman en deficiencias importantes. Las mayores velocidades de agotamiento pertenecen a nitrógeno, fierro, fósforo y azufre.

## **2.2 Antecedentes del Método.**

Chaminade en 1964, (citado por Valenzuela, 1985; Reveco, 1989) indica, que el método consiste en la comparación de los rendimientos obtenidos en el cultivo en macetas de una planta indicadora, Ballica H-1 (Lolium perenne x Lolium multiflorum) en suelos con una fertilización completa, respecto a otros que provienen de un mismo suelo pero que reciben una fertilización incompleta porque se omite en ella a uno o más elementos nutritivos.

Schenkel y Gajardo. (1971 e), señalan que ésta técnica consiste en investigar la reacción del vegetal en presencia

de dos abonaduras, una completa y otra carente de un solo nutrimento. La intensidad y tipo de las deficiencias se pueden determinar a partir de las disminuciones de los rendimientos en materia seca.

Schenkel et al. (1971b), indican que el ensayo en macetas muestra el deterioro de la planta indicadora causado por la falta de un nutrimento en la fórmula de fertilización. Para este efecto se comparan los rendimientos que corresponden a ambos tipos de fertilización mediante su relación porcentual o "índice de rendimiento".

Chaminade (1964), citado por Schenkel et al. (1970), estima que para este tipo de estudio, la "ballica inglesa" es una planta muy adecuada, ya que, soporta bien varios cortes sucesivos, permitiendo apreciar a través de ellos el efecto depresivo en los rendimientos, producto de la ausencia de un nutrimento o de su insuficiencia.

Schenkel et al. (1971e), establecen que es importante conocer los nutrimentos que deben integrar la fórmula de fertilización, más aún cuando en una extensa área coexisten suelos con distintas capacidades de respuesta a una fertilización dada. Además en otro trabajo Schenkel et al. (1970), hacen notar que para estudiar la fórmula de fertilización y establecer los nutrimentos faltantes en un determinado suelo sin cuantificar las dosis requeridas, este tipo de ensayos se convierte en una excelente técnica. Así mismo Schenkel (1971c), señala que éste método, tiene la cualidad de indicar cuales son los nutrimentos faltantes

y de medir la gravedad de la deficiencia, lo que implica una gran economía de esfuerzos y tiempo, ya que, a través de él se puede precisar los elementos que deben ser objetos de ensayos de campo. Chaminade, lo considera un test que por sí mismo no tiene valor absoluto. (Schenkel, 1971c).

Richard y Chaminade, (1968) citados por Schenkel (1971c), diferencian dos etapas en el estudio de la fertilización.

- a) Adaptar la fertilización al suelo.
- b) Adaptar la fertilización a las plantas que se cultivan.

En la primera fase, la planta actúa como indicadora y tiene por finalidad esencial, definir zonas homogéneas en cuanto a problemas de fertilización. En la segunda fase, se estudian las necesidades de la planta para determinar la abonadura de mantención.

Chaminade (1959; 1965), citado por Schenkel (1971c), diferencia la fertilidad actual de la potencial, ya que la primera se evalúa por los rendimientos que da el suelo en su estado actual, mientras que la segunda, corresponde a una producción obtenida cuando los factores modificables por el hombre se llevan al óptimo. Bouyer (1963), citado por Schenkel (1971c), modifica estas definiciones e indica que pueden ser medidas respectivamente por el rendimiento obtenido en las condiciones de explotación actual y por el rendimiento que es susceptible de obtenerse en las mejores condiciones posibles de explotación.

Fridmam (1968), citado por Schenkel (1971c), reconoce la gravedad de la inexistencia de una definición clara de la fertilidad potencial, pues ésta se detecta con una planta dada, afirmando que este resultado también es válido para otras plantas. Martín-Prevel, admite que hay lugar a cierta discusión cuando unos consideran el caso de un policultivo y otros el de un monocultivo (Schenkel, 1971 c).

Schenkel (1971c), señala que el principio de fertilidad potencial puede considerarse como una cualidad propia del suelo, no dependiente de las plantas que en el se cultiven.

Vlamis et al, citado por Williams (1968), utilizaron lechuga y cebada como especies indicadoras, descubriendo que éstas responden en forma similar a especies forestales y de matorrales. Williams (1968), encontró una alta correlación entre la productividad forestal para Pinus ponderosa a través de los índices de sitio y la producción de cebada en macetas, e indica, que estudios realizados con este tipo de ensayo pueden proporcionar valiosos datos para evaluar los sitios forestales.

### **2.3 Ventajas del método.**

Schenkel (1791c), hace notar que existe una economía de tiempo y esfuerzo al realizar un diagnóstico preliminar mediante esta técnica.

El método permite establecer una jerarquía de las deficiencias según la intensidad y orden en que se presentan (Araos, 1967 y Schenkel et al. 1970).

Chaminade (1964), citado por Araos (1967), indica que se aprecia el agotamiento de las reservas el cual se evalúa por la disminución del rendimiento en los sucesivos cortes.

#### **2.4 Desventajas del método.**

No existe una relación de volumen entre el suelo y la planta, debido a la alta concentración de éstas por macetas. Por lo mismo existe una intensificación en la manifestación de la deficiencia. Además existe dificultad de calibración respecto a las respuestas de terreno (Carrasco, 1984).

El método con ballica no detecta la deficiencia de boro, debido al uso de riego y al bajo consumo del elemento por la especie. Se aprecia este efecto en los trabajos de Valenzuela (1985), Duarte (1987) y Reveco (1989). La inclusión de trébol rosado, alfalfa, trébol blanco le da la sensibilidad deseada (Schenkel, 1983).

#### **2.5 Diagrama de Fertilidad.**

La representación gráfica de los resultados se realiza a través del diagrama de fertilidad el que fue desarrollado en Chile por Schenkel en 1971. Consiste en un sistema de coordenadas semilogarítmicas. En la ordenada, escala logarítmica, se grafica el índice de rendimiento acumulado de las fertilizaciones incompletas (%) y en la abscisa, la producción de la abonadura completa (gramos/maceta), (Schenkel, 1971c, 1971d, 1971e).

Este diagrama introduce una notable simplificación en la interpretación de los resultados experimentales. Según

Schenkel (1971b), dicho diagrama presume que el logaritmo de los índices de los rendimientos acumulados de un tratamiento de fertilización incompleta es una función continua, generalmente lineal, de la producción determinada para la abonadura completa.

En consecuencia la referida función tiene la forma:

$$Y = A + 10mx$$

Cuando se expresa en un gráfico semilogarítmico, la función lineal adquirida es:


$$\text{Log } y = \text{Log } A + mx$$

Donde:

- y = Índice de rendimiento del tratamiento de fertilización incompleta (%).
- x = Rendimiento acumulado de materia seca de la abonadura completa (g/maceta).
- m = Coeficiente angular de la recta.
- A = Coeficiente de posición de la recta.

Las rectas definidas por esta ecuación para cada nutrimento estudiado se denominan "líneas de fertilidad".

A través del diagrama de fertilidad en conjunto con sus respectivas líneas de fertilidad es posible determinar:

**a) Fertilidad actual y potencial.**

La fertilidad actual se determina por medio del índice de rendimiento de un nutrimento; la fertilidad potencial se determina por las condiciones del tratamiento de fertilización completa, que correspondería a un índice de rendimiento 100% (Schenkel, 1971 d).

**b) Tipo e intensidad de la deficiencia.**

Se determina por el valor del parámetro A de cada línea de fertilidad, lo que permite establecer los nutrimentos e intensidad requeridos para corregir la deficiencia y llevar al suelo a su fertilidad potencial (Schenkel, 1971d).

Para clasificar las deficiencias se usa la siguiente pauta propuesta por Schenkel, et al. (1985).

INTENSIDAD DE LA DEFICIENCIA	VALOR COEFICIENTE DE POSICION
Deficiencia grave	A: menor de 80,0
Deficiencia intermedia	A: 80,1 a 90,0
Deficiencia leve	A: 90,1 a 95,0
Sin deficiencia	A: 95,1 a 105,0
Presencia excesiva	A: mayor de 105,1

La deficiencia leve indica que a niveles bajos de producción no hay deficiencias, pero ésta puede aparecer con un uso más intensivo del suelo.

**c) Jerarquía de las deficiencias.**

Se determina a través de un ordenamiento de menor a mayor de los valores del coeficiente de posición de las líneas de fertilidad, en el mismo orden estará señalado la prioridad de su corrección (Schenkel, 1971d).

**d) Velocidad de agotamiento de los nutrimentos.**

La pendiente de las líneas de fertilidad representa la velocidad de agotamiento de las reservas del nutrimento ausente en la fórmula de fertilización. La gravedad de tal deficiencia puede acentuarse en la medida que aumenta el número de cortes (Schenkel, 1971d).

### **III MATERIALES Y METODOS.**

#### **3.1 Caracterización del área de estudio.**

La VIII Región tiene una superficie de 3.600.700 ha, en la que se estudiaron las 10 principales series de suelos forestales que son: Arenales (AR), Coreo (CO), Santa Teresa (TR), Cauquenes (CQ), San Esteban (ET), Collipulli (CL), Nahuelbuta (NA), Mininco (MI), Curanipe (CPE) y Santa Bárbara (BA).

##### **3.1.1 Identificación de los suelos forestales.**

Los suelos que se estudiaron corresponden a los siguientes grupos: trumaos (serie Santa Bárbara), rojos arcillosos de origen volcánico (series Collipulli y Mininco), aluviales (series Arenales, Coreo y Santa Teresa), graníticos (serie San Esteban y Cauquenes), metamórficos (serie Nahuelbuta), y derivados de sedimentos marinos (serie Curanipe).

De los suelos analizados los de mejor aptitud forestal son los trumaos, los metamórficos y los derivados de sedimentos marinos, que tienen buenas características físico-químicas y fisiográficas.

El grupo de los suelos aluviales, de gran importancia forestal por las extensas áreas plantadas con pino insigne, presenta en numerosos sectores problemas nutricionales producto de sus deficientes características físicas y químicas.

Los restantes grupos de suelos presentan ciertas dificultades para el establecimiento del pino radiata, debido a sus malas características físico-químicas como resultado de un severo proceso erosivo laminar y de zanjas.

### **3.1.2 Caracterización del clima.**

Según Sánchez y Morales (1993), en la VIII región se presentan los siguientes tipos de climas:

a) Clima templado húmedo: Se presenta en la faja costera y en los sectores altos y laderas occidentales de la Cordillera de la Costa, caracterizado por una mayor humedad constante y precipitación que fluctúa entre los 1.200 mm en la costa norte y casi 2.000 mm anuales en el sur de la Región. Posee temperaturas menos extremas que hacia el interior debido a la influencia oceánica que atenúa los contrastes térmicos.

Concepción y Talcahuano presentan una precipitación que alcanza valores de 1.330 mm anuales, con un periodo seco de 4 meses (Diciembre a Marzo), y temperaturas que varían entre 9°C y 18°C.

b) Clima templado mediterráneo: Se presenta en la Zona intermedia (Valle Longitudinal), los bordes orientales de la Cordillera de la Costa y los sectores más bajos de la Precordillera, caracterizándose por la degradación de cálido a subhúmedo desde el norte de la Región al sur del río Biobío. La precipitación varía de 1.000 mm anuales al norte de Chillán a 1.300 mm anuales al sur de Los Angeles. El

periodo seco es de cuatro meses en Chillán y tres en Los Angeles.

c) Clima frío de altura: Se presenta sobre los 1.500 m de altura, caracterizado por una abundante precipitación, más de 2.000 mm anuales, y por bajas temperaturas que permiten la presencia de nieve permanente en las mayores alturas cordilleras.

### **3.2 Muestreo de suelos.**

El muestreo de suelos fue realizado en los lugares más representativos de las series Arenales, Coreo, Santa Teresa, Cauquenes, San Esteban, Collipulli, Mininco, Nahuelbuta, Curanipe y Santa Bárbara para el proyecto "Caracterización físico-química de las principales series de suelos de la VIII Región" de la Dirección de Investigación de la Universidad de Concepción (Proyecto 20.20.05).

### **3.3 Análisis de suelos.**

Los análisis de suelos se realizaron en los laboratorios del Departamento de Suelos de la facultad de Agronomía de la Universidad de Concepción, Chillán.

#### **3.3.1 Análisis físicos.**

- Textura (Método U.S.D.A. e Internacional)
- Capacidad de campo (1/3 atmósfera)
- Punto de marchitez permanente (15 atmósferas)
- Densidad aparente (Método de la parafina)

### **3.3.2 Análisis químicos.**

- pH (Agua)
- Materia orgánica
- Fósforo (Olsen)
- Nitrógeno nítrico total
- Potasio de intercambio
- Calcio de intercambio
- Magnesio de intercambio

### **3.4 Llenado de macetas.**

Las características de las macetas de plástico pulido usadas en el ensayo son: diámetro superior, 14 cm, diámetro inferior, 10 cm, altura, 17 cm y tres orificios basales.

Para obtener uniformidad en el llenado de las macetas, se pesó el material y se compactó ligeramente con una matriz de madera, cuidando que la superficie no quedara a más de tres centímetros del borde superior de la maceta. El llenado se hizo con una mezcla de 1/3 del suelo superficial y 2/3 del subsuelo.

### **3.5 Nutrientes empleados.**

En la TABLA 1, se presentan los nutrientes, concentración de las sales portadoras y cantidad agregada por maceta.

Los nutrientes se agregaron al suelo en forma de solución, preparada a partir de reactivos pro análisis en agua destilada.

Las soluciones se aplicaron un día antes de la siembra, a excepción del nitrógeno que se aplicó luego de cada corte, con una primera aplicación siete días después de la germinación.

TABLA 1. Cantidad y sales usadas para el aporte de nutrimentos al suelo.

<b>Nutrimentos</b>	<b>Sal</b>	<b>Concentración (g/l)</b>	<b>Cantidad por maceta (ml)</b>
Nitrógeno	$\text{NH}_4 \text{NO}_3$	17.150	20
Azufre	$\text{NaSO}_4 \times 10\text{H}_2\text{O}$	50.000	20
Fósforo	$\text{NaH}_2\text{PO}_4 \times \text{H}_2\text{O}$	97.000	20
Potasio	$\text{KHCO}_3$	100.000	20
Calcio	$\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \times 4\text{H}_2\text{O}$	73.150	20
Magnesio	$\text{MgCl}_2 \times 6\text{H}_2\text{O}$	25.000	20
Boro	$\text{H}_3\text{BO}_3$	0.400	10
Cobre	$\text{CuSO}_4 \times \text{H}_2\text{O}$	0.625	10
Manganeso	$\text{MnSO}_4 \times \text{H}_2\text{O}$	0.900	10
Zinc	$\text{ZnSO}_4 \times 7\text{H}_2\text{O}$	0.445	10
Molibdeno	$(\text{NH}_4)_6 \text{Mo}_7\text{O}_{24} \times 4\text{H}_2\text{O}$	0.032	10
Fierro	$\text{Fe}(\text{SO}_4)_2$	0.200	10

### 3.6 Tratamientos de fertilización.

Tratamientos utilizado	Símbolo
1. Sin fertilización (testigo)	T
2. Fertilización completa	Fc
3. Fertilización completa menos nitrógeno	-N
4. Fertilización completa menos fósforo	-P
5. Fertilización completa menos potasio	-K
6. Fertilización completa menos fierro	-Fe
7. Fertilización completa menos magnesio	-Mg
8. Fertilización completa menos azufre	-S
9. Fertilización completa menos cobre	-Cu
10. Fertilización completa menos boro	-B
11. Fertilización completa menos varios elementos (cinc, manganeso y molibdeno)	-Ve

### 3.7 Siembra.

Se usó ballica inglesa (*Lolium perenne* x *Lolium multiflorum*) como planta indicadora a razón de 2.5 gramos por maceta (1.000 semillas). Se esparcieron las semillas uniformemente en la superficie de la maceta, y se cubrieron con una capa de suelo de 5 mm de espesor.

### 3.8 Riegos.

La totalidad de los riegos se efectuaron con agua destilada dos veces al día a volumen constante durante la germinación; posteriormente, una vez al día de acuerdo a las necesidades hídricas de cada suelo.

### **3.9 Cosecha.**

Se practicaron cuatro cortes durante el ensayo a la altura del borde superior de la maceta.

El material cosechado se colocó en bolsas de papel procediendo a secarlas en un horno de ventilación forzada a 65 grados Celsius durante 24 a 36 horas; luego se pesó en una balanza de precisión.

### **3.10 Diseño experimental.**

Para cada una de las series en estudio se realizó un ensayo con un diseño completamente aleatorio que constó de 11 tratamientos y 3 repeticiones.

Los ensayos fueron montados en el invernadero de la Facultad de Agronomía, de la Universidad de Concepción, Campus Chillán.

### **3.11 Evaluación.**

La evaluación se realizó interpretando los rendimientos acumulados de materia seca para cada tratamiento, utilizando para ello el método gráfico desarrollado por Schenkel, 1971.

La evaluación estadística se realizó a través de la prueba de Bartlett para el primer corte, un análisis de varianza y la prueba de comparaciones múltiples de Tuckey para un nivel de confianza al 95%.

#### **IV RESULTADOS Y DISCUSION.**

##### **4.1 Características físicas de los suelos estudiados.**

**4.1.1 Textura.** De acuerdo con el sistema del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (U.S.D.A.), los suelos aluviales presentan una textura arenosa, los suelos volcánicos, sedimentarios y graníticos (Serie Cauquenes) presentan textura arcillosa, los suelos metamórficos y graníticos (Serie San Esteban) presentan textura franco-arcillosa y por último, los suelos trumaos presentan una textura franco-limosa (Ver TABLA 2).

**4.1.2 Humedad aprovechable.** Los valores de humedad aprovechable obtenidos de la diferencia de las constantes hídricas, capacidad de campo (C.C.) y punto de marchitez permanente (P.M.P.), se observan en la TABLA 2.

El porcentaje mas alto lo presenta la serie Santa Bárbara con un valor de 24% que corresponde a un grado de alta humedad aprovechable. Las series Curanipe, Nahuelbuta y Mininco presentan valores de 13.3%, 13.2% y 13% respectivamente, correspondiendo a un grado moderado de humedad aprovechable al igual que las series Cauquenes, con un valor de 7.8%, San Esteban con 9% y Collipulli con 9.7%.

El grupo de suelos Arenosos presenta un grado de baja humedad aprovechable correspondiendo a un 5% en la serie Santa Teresa, 3.5% en la serie Arenales y 3.2% en la serie Coreo.

TABLA 2 Análisis físico mecánico promedio para las distintas series de suelos estudiadas

SERIE DE SUELOS	CONSTANTES HIDRICAS					SISTEMA U.S.D.A.					SISTEMA INTERNACIONAL				
	C.C. (%)	P.M.P. (%)	H. a prov. (%)	Arena (%)	Limo (%)	Arcilla (%)	Textura	Arena (%)	Limo (%)	Arcilla (%)	Textura	Arena (%)	Limo (%)	Arcilla (%)	Textura
Arenales	7.5	4.0	3.5	90.3	7.2	2.5	Arenosa	93.4	4.1	2.5	Arena	93.4	4.1	2.5	Arena
Coreo	5.9	2.7	3.2	92.2	6.1	1.7	Arenosa	94.6	3.7	1.7	Arena	94.6	3.7	1.7	Arena
Sta Teresa	9.1	4.1	5.0	89.9	6.8	3.3	Arenosa	92.7	4.0	3.3	Arena	92.7	4.0	3.3	Arena
Cauquenes	22.5	14.7	7.8	33.9	21.9	44.2	Arcillosa	39.8	16.0	44.2	Arc. Densa	39.8	16.0	44.2	Arc. Densa
Sn. Esteban	21.8	12.8	9.0	38.3	25.9	36.8	Fco. Arcillosa	45.9	18.3	36.8	Arc. Poco Densa	45.9	18.3	36.8	Arc. Poco Densa
Collipulli	29.6	19.9	9.7	22.8	34.6	42.6	Arcillosa	34.4	23.0	42.6	Arc. Poco Densa	34.4	23.0	42.6	Arc. Poco Densa
Mininco	39.7	26.7	13.0	20.2	32.1	47.7	Arcillosa	30.8	21.5	47.7	Arc. Densa	30.8	21.5	47.7	Arc. Densa
Nahuelbuta	26.2	13.0	13.2	29.8	39.7	30.5	Fco. Arcillosa	47.0	22.5	30.5	Arc. Poco Densa	47.0	22.5	30.5	Arc. Poco Densa
Curanipe	35.8	22.5	13.3	23.5	29.4	47.1	Arcillosa	33.0	19.9	47.1	Arc. Densa	33.0	19.9	47.1	Arc. Densa
Sta. Bárbara	68.5	44.5	24.0	24.6	53.6	21.8	Fco. Limosa	48.1	30.1	21.8	Arc. Poco Densa	48.1	30.1	21.8	Arc. Poco Densa

#### **4.2 Características químicas de las series estudiadas.**

Las propiedades químicas de las distintas series de suelos estudiadas se presentan en la TABLA 3.

La materia orgánica varía de media para la serie Mininco, Curanipe, Santa Bárbara y Santa Teresa; baja para la serie Arenales a muy baja para las restantes series en estudio.

El pH varía desde neutro, para la serie Collipulli y Coreo a ácido para las series Nahuelbuta, Curanipe y sobre todo Santa Teresa, pudiendo considerarse moderadamente ácido para las restantes serie de suelos.

Los valores de nitrógeno nítrico total indican que para todas las series de suelos su contenido es muy bajo. Ello puede indicar una escasa mineralización del nitrógeno, una inmediata absorción del nitrógeno mineral por las especies vegetales que cubren el suelo, o una pronunciada movilidad del nitrato en el perfil con las aguas lluvias.

TABLA 3. Características químicas promedios para las diez series de suelos estudiadas.

Serie de suelo	Ph	M.O. (%)	P	N-NO <sub>3</sub>	K	Ca	Mg
Arenales	6.3	2.2	3.4	2.9	0.05	2.60	0.72
Coreo	6.5	0.7	2.5	1.5	0.07	1.45	0.31
Sta.Teresa	5.1	3.4	3.9	2.7	0.18	2.83	1.03
Cauquenes	6.2	1.4	1.6	4.7	0.16	5.60	3.12
Sn.Esteban	6.2	0.8	2.1	3.6	0.32	3.52	1.84
Collipulli	6.6	1.4	2.2	4.1	0.25	5.90	3.69
Mininco	5.8	7.0	5.2	3.8	0.08	4.1	2.00
Nahuelbuta	5.3	1.9	2.3	0.7	0.11	0.60	0.44
Curanipe	5.2	3.5	2.5	5.0	0.20	1.14	0.53
Sta.Bárbara	6.3	3.2	3.4	4.8	0.38	4.70	1.07

Los contenidos de fósforo Olsen indican que se trata de suelos muy pobres en fósforo disponible intensificándose para los suelos con bajos contenidos de materia orgánica.

Calcio varía de contenidos muy bajos en las series Nahuelbuta, Curanipe y Coreo, bajo en las series Arenales, Santa Teresa, San Esteban, Mininco y Santa Bárbara a medios en las series Cauquenes y Collipulli.

El contenido de magnesio es muy bajo en las series Coreo, Nahuelbuta y Curanipe, y muy ricas en él son las series Cauquenes y Collipulli.

La mayoría de los suelos son pobres en potasio de intercambio, variando su contenido de muy bajo en las series Arenales, Coreo, Mininco y Nahuelbuta bajo en Santa Teresa, Cauquenes, Collipulli y Curanipe a medio en San Esteban y Santa Bárbara.

#### **4.3. Característica de fertilidad de los suelos estudiados.**

En la TABLA 4 se presentan los valores de los rendimientos acumulados de cada tratamiento expresados como peso de materia seca, a partir de los cuales se graficaron los diagramas de fertilidad. En la TABLA 5 se presentan los valores de las constantes de las líneas de fertilidad para las distintas series de suelos.

Las características de fertilidad serán analizadas por serie de suelo, utilizando la pauta de clasificación de deficiencias propuesta por Schenkel, et al en 1985, junto a los valores de A de la línea de fertilidad entregados en la tabla 3 y los diagramas de fertilidad de cada serie.

En general, el tratamiento testigo fue el que obtuvo los rendimientos más bajos con relación al tratamiento con fertilización completa, alcanzando valores que oscilan entre 31,4% en la serie Coreo y un 63% en la serie Arenales. La salvedad la constituye la Serie Santa Bárbara, cuyo rendimiento más bajo se obtuvo con el tratamiento menos fósforo.

Estos valores corresponden respectivamente a la fertilidad actual de cada una de las series ensayadas.

TABLA 4 Rendimiento de materia seca parcial y acumulada por tratamiento y por serie de suelo.

CORTE N°	TRATAMIENTO DE FERTILIZ.	SERIE ARENALES				SERIE COREO				SERIE SANTA TERESA			
		PRODUCCION MATERIA SECA				PRODUCCION MATERIA SECA				PRODUCCION MATERIA SECA			
		PARCIALES		ACUMULADOS		PARCIALES		ACUMULADOS		PARCIALES		ACUMULADOS	
	g/mac	%	g/mac	%	g/mac	%	g/mac	%	g/mac	%	g/mac	%	
1	COMPLETA	1,63	100,00	1,63	100,00	3,14	100,00	3,14	100,00	2,40	100,00	2,40	100,00
	TESTIGO	0,81	49,69	0,81	49,69	0,87	27,71	0,87	27,71	0,65	27,08	0,65	27,08
	-N	1,31	80,37	1,31	80,37	1,51	48,09	1,51	48,09	1,37	57,08	1,37	57,08
	-P	1,62	99,39	1,62	99,39	2,17	69,11	2,17	69,11	1,75	72,92	1,75	72,92
	-K	1,74	106,75	1,74	106,75	2,02	64,33	2,02	64,33	2,31	96,25	2,31	96,25
	-B	2,37	145,40	2,37	145,40	2,28	72,61	2,28	72,61	2,47	102,92	2,47	102,92
	-S	1,48	90,80	1,48	90,80	1,85	58,92	1,85	58,92	2,04	85,00	2,04	85,00
	-Mg	2,42	148,47	2,42	148,47	2,28	72,61	2,28	72,61	2,49	103,75	2,49	103,75
	-Cu	2,09	128,22	2,09	128,22	2,20	70,06	2,20	70,06	2,57	107,08	2,57	107,08
	-Ve	2,19	134,36	2,19	134,36	2,16	68,79	2,16	68,79	2,97	123,75	2,97	123,75
	-Fe	2,17	133,13	2,17	133,13	2,37	75,48	2,37	75,48	1,46	60,83	1,46	60,83
2	COMPLETA	2,30	100,00	3,93	100,00	3,41	100,00	6,55	100,00	3,20	100,00	5,60	100,00
	TESTIGO	0,50	21,74	1,31	33,33	0,92	26,98	1,79	27,33	0,41	12,81	1,06	18,93
	-N	0,76	33,04	2,07	52,67	0,61	17,89	2,12	32,37	0,75	23,44	2,12	37,86
	-P	1,45	63,04	3,07	78,12	1,85	54,25	4,02	61,37	1,69	52,81	3,44	61,43
	-K	2,54	110,43	4,28	108,91	2,02	59,24	4,04	61,68	3,12	97,50	5,43	96,96
	-B	2,52	109,57	4,89	124,43	3,24	95,01	5,52	84,27	2,98	93,13	5,45	97,32
	-S	1,56	67,83	3,04	77,35	1,41	41,35	3,26	49,77	2,41	75,31	4,45	79,46
	-Mg	2,44	106,09	4,86	123,66	2,97	87,10	5,25	80,15	2,66	83,13	5,15	91,96
	-Cu	2,05	89,13	4,14	105,34	2,34	68,62	4,54	69,31	2,71	84,69	5,28	94,29
	-Ve	2,39	103,91	4,58	116,54	1,66	48,68	3,82	58,32	2,33	72,81	5,30	94,64
	-Fe	1,89	82,17	4,06	103,31	2,56	75,07	4,93	75,27	2,71	84,69	4,17	74,46
3	COMPLETA	1,86	100,00	5,79	100,00	2,47	100,00	9,02	100,00	2,46	100,00	8,06	100,00
	TESTIGO	0,20	10,75	1,51	26,08	0,22	8,91	2,01	22,28	0,15	6,10	1,21	15,01
	-N	0,90	48,39	2,97	51,30	0,27	10,93	2,39	26,50	0,38	15,45	2,50	31,02
	-P	1,06	56,99	4,13	71,33	1,07	43,32	5,09	56,43	1,26	51,22	4,70	58,31
	-K	1,54	82,80	5,82	100,52	1,16	46,96	5,20	57,65	2,80	113,82	8,23	102,11
	-B	1,81	97,31	6,70	115,72	2,76	111,74	8,28	91,80	3,22	130,89	8,67	107,57
	-S	0,74	39,78	3,78	65,28	0,65	26,32	3,91	43,35	1,94	78,86	6,39	79,28
	-Mg	1,90	102,15	6,76	116,75	2,38	96,36	7,63	84,59	2,60	105,69	7,75	96,15
	-Cu	1,40	75,27	5,54	95,68	1,28	51,82	5,82	64,52	2,48	100,81	7,76	96,28
	-Ve	0,95	51,08	5,53	95,51	0,46	18,62	4,28	47,45	2,29	93,09	7,59	94,17
	-Fe	1,90	102,15	5,96	102,94	1,47	59,51	6,40	70,95	2,27	92,28	6,44	79,90
4	COMPLETA	3,37	100,00	9,16	100,00	2,94	100,00	11,96	100,00	2,70	100,00	10,76	100,00
	TESTIGO	0,34	10,09	1,85	20,20	0,38	12,93	2,39	19,98	0,83	30,74	2,04	18,96
	-N	0,45	13,35	3,42	37,34	0,69	23,47	3,08	25,75	1,78	65,93	4,28	39,78
	-P	1,76	52,23	5,89	64,30	1,46	49,66	6,55	54,77	2,17	80,37	6,87	63,85
	-K	2,33	69,14	8,15	88,97	1,63	55,44	6,83	57,11	2,61	96,67	10,84	100,74
	-B	2,96	87,83	9,66	105,46	3,13	106,46	11,41	95,40	3,44	127,41	12,11	112,55
	-S	0,79	23,44	4,57	49,89	0,93	31,63	4,84	40,47	1,75	64,81	8,14	75,65
	-Mg	2,54	75,37	9,30	101,53	2,94	100,00	10,57	88,38	2,98	110,37	10,73	99,72
	-Cu	3,34	99,11	8,88	96,94	2,98	101,36	8,80	73,58	2,48	91,85	10,24	95,17
	-Ve	2,28	67,66	7,81	85,26	1,62	55,10	5,90	49,33	2,24	82,96	9,83	91,36
	-Fe	3,01	89,32	8,97	97,93	4,04	137,41	10,44	87,29	1,76	65,19	8,20	76,21

TABLA 4 Rendimiento de materia seca parcial y acumulada por tratamiento y por serie de suelo.

CORTE N°	TRATAMIENTO DE FERTILIZ.	SERIE CAUQUENES				SERIE SAN ESTEBAN				SERIE COLLIPULLI			
		PRODUCCION MATERIA SECA				PRODUCCION MATERIA SECA				PRODUCCION MATERIA SECA			
		PARCIALES		ACUMULADOS		PARCIALES		ACUMULADOS		PARCIALES		ACUMULADOS	
	g/mac	%	g/mac	%	g/mac	%	g/mac	%	g/mac	%	g/mac	%	
1	COMPLETA	3,23	100,00	3,23	100,00	2,58	100,00	2,58	100,00	2,76	100,00	2,76	100,00
	TESTIGO	0,90	27,86	0,90	27,86	1,08	41,86	1,08	41,86	0,84	30,43	0,84	30,43
	-N	1,14	35,29	1,14	35,29	1,14	44,19	1,14	44,19	1,01	36,59	1,01	36,59
	-P	1,84	56,97	1,84	56,97	2,20	85,27	2,20	85,27	1,88	68,01	1,88	68,01
	-K	2,17	67,18	2,17	67,18	1,59	61,63	1,59	61,63	2,30	83,33	2,30	83,33
	-B	2,97	91,95	2,97	91,95	1,55	60,08	1,55	60,08	1,90	68,84	1,90	68,84
	-S	3,05	94,43	3,05	94,43	2,98	115,50	2,98	115,50	2,93	106,16	2,93	106,16
	-Mg	2,76	85,45	2,76	85,45	2,42	93,80	2,42	93,80	2,31	83,70	2,31	83,70
	-Cu	2,47	76,47	2,47	76,47	2,59	100,39	2,59	100,39	2,09	75,72	2,09	75,72
	-Ve	2,56	79,26	2,56	79,26	2,22	86,05	2,22	86,05	2,00	72,46	2,00	72,46
	-Fe	3,01	93,19	3,01	93,19	2,22	86,05	2,22	86,05	2,22	80,43	2,22	80,43
2	COMPLETA	2,74	100,00	5,97	100,00	2,37	100,00	4,95	100,00	2,75	100,00	5,51	100,00
	TESTIGO	0,42	15,33	1,32	22,11	0,57	24,05	1,65	33,33	0,49	17,82	1,33	24,14
	-N	0,53	19,34	1,67	27,97	0,52	21,94	1,66	33,54	0,52	18,91	1,53	27,77
	-P	1,09	39,78	2,93	49,08	1,46	61,60	3,66	73,94	1,57	57,09	3,45	62,56
	-K	2,26	82,48	4,43	74,20	2,18	91,98	3,77	76,16	2,69	97,82	4,99	90,56
	-B	2,51	91,61	5,48	91,79	2,12	89,45	3,67	74,14	2,92	106,18	4,82	87,48
	-S	2,53	92,34	5,58	93,47	2,62	110,55	5,60	113,13	2,22	80,73	5,15	93,47
	-Mg	2,52	91,97	5,28	88,44	2,58	108,86	5,00	101,01	2,92	106,18	5,23	94,92
	-Cu	2,66	97,08	5,13	85,93	3,01	127,00	5,60	113,13	2,67	97,09	4,76	86,39
	-Ve	2,33	85,04	4,89	81,91	2,47	104,22	4,69	94,75	2,87	104,36	4,87	88,38
	-Fe	2,51	91,61	5,52	92,46	2,73	115,19	4,95	100,00	2,92	106,18	5,14	93,28
3	COMPLETA	2,74	100,00	8,71	100,00	2,54	100,00	7,49	100,00	3,06	100,00	8,57	100,00
	TESTIGO	0,16	5,84	1,48	16,99	0,20	7,87	1,85	24,70	0,13	4,25	1,46	17,04
	-N	0,14	5,11	1,81	20,78	0,26	10,24	1,92	25,63	0,14	4,58	1,67	19,49
	-P	0,80	29,20	3,73	42,82	0,92	36,22	4,58	61,15	0,93	30,39	4,38	51,07
	-K	1,88	68,61	6,31	72,45	2,46	96,85	6,23	83,18	2,01	65,69	7,00	81,68
	-B	2,21	80,66	7,69	88,29	2,27	89,37	5,94	79,31	2,75	89,87	7,57	88,33
	-S	2,27	82,85	7,85	90,13	2,76	108,66	8,36	111,62	1,70	55,56	6,85	79,93
	-Mg	2,81	102,55	8,09	92,88	2,87	112,99	7,87	105,07	2,51	82,03	7,74	90,32
	-Cu	2,31	84,31	7,44	85,42	3,46	136,22	9,06	120,96	2,73	89,22	7,49	87,40
	-Ve	2,50	91,24	7,39	84,85	2,79	109,84	7,48	99,87	2,70	88,24	7,57	88,33
	-Fe	2,54	92,70	8,06	92,54	2,88	113,39	7,83	104,54	3,23	105,56	8,37	97,67
4	COMPLETA	3,79	100,00	12,50	100,00	3,69	100,00	11,18	100,00	4,17	100,00	12,74	100,00
	TESTIGO	0,10	2,64	1,58	12,64	1,24	33,60	3,09	27,64	0,47	11,27	1,93	15,15
	-N	0,18	4,75	1,99	15,92	1,59	43,09	3,51	31,40	0,56	13,43	2,23	17,50
	-P	1,46	38,52	5,19	41,52	1,53	41,46	6,11	54,65	1,71	41,01	6,09	47,78
	-K	2,60	68,60	8,91	71,28	2,94	79,67	9,17	82,02	3,01	72,18	10,01	78,57
	-B	3,98	105,01	11,67	93,36	3,25	88,08	9,19	82,20	4,66	111,75	12,23	96,00
	-S	3,75	98,94	11,60	92,80	3,16	85,64	11,52	103,04	3,12	74,82	9,97	78,26
	-Mg	4,19	110,55	12,28	98,24	1,90	51,49	9,77	87,39	3,89	93,29	11,63	91,29
	-Cu	3,74	98,68	11,18	89,44	3,74	101,36	12,80	114,49	4,64	111,27	12,13	95,21
	-Ve	3,80	100,26	11,19	89,52	3,54	95,93	11,02	98,57	4,42	106,00	11,99	94,11
	-Fe	3,81	100,53	11,87	94,96	3,23	87,53	11,06	98,93	4,53	108,63	12,90	101,26

TABLA 4 Rendimiento de materia seca parcial y acumulada por tratamiento y por serie de suelo.

CORTE N°	TRATAMIENTO DE FERTILIZ.	SERIE MININCO				SERIE NAHUELPUTA				SERIE CURANIPE			
		PRODUCCION MATERIA SECA				PRODUCCION MATERIA SECA				PRODUCCION MATERIA SECA			
		PARCIALES		ACUMULADOS		PARCIALES		ACUMULADOS		PARCIALES		ACUMULADOS	
	g/mac	%	g/mac	%	g/mac	%	g/mac	%	g/mac	%	g/mac	%	
1	COMPLETA	2,58	100,00	2,58	100,00	3,50	100,00	3,50	100,00	3,93	100,00	3,93	100,00
	TESTIGO	0,74	28,68	0,74	28,68	1,72	49,14	1,72	49,14	1,16	29,52	1,16	29,52
	-N	1,67	64,73	1,67	64,73	2,49	71,14	2,49	71,14	1,51	38,42	1,51	38,42
	-P	1,55	60,08	1,55	60,08	2,81	80,29	2,81	80,29	2,15	54,71	2,15	54,71
	-K	1,89	73,26	1,89	73,26	3,97	113,43	3,97	113,43	2,68	68,19	2,68	68,19
	-B	2,76	106,98	2,76	106,98	3,79	108,29	3,79	108,29	3,16	80,41	3,16	80,41
	-S	2,65	102,71	2,65	102,71	3,66	104,57	3,66	104,57	3,28	83,46	3,28	83,46
	-Mg	1,65	63,95	1,65	63,95	3,75	107,14	3,75	107,14	2,79	70,99	2,79	70,99
	-Cu	3,08	119,38	3,08	119,38	2,47	70,57	2,47	70,57	2,71	68,96	2,71	68,96
	-Ve	2,96	114,73	2,96	114,73	3,35	95,71	3,35	95,71	2,99	76,08	2,99	76,08
-Fe	2,41	93,41	2,41	93,41	3,41	97,43	3,41	97,43	2,67	67,94	2,67	67,94	
2	COMPLETA	2,66	100,00	5,24	100,00	2,48	100,00	5,98	100,00	3,12	100,00	7,05	100,00
	TESTIGO	0,63	23,68	1,37	26,15	0,84	33,87	2,56	42,81	0,59	18,91	1,75	24,82
	-N	0,55	20,68	2,22	42,37	0,94	37,90	3,43	57,36	0,74	23,72	2,25	31,91
	-P	1,44	54,14	2,99	57,06	1,69	68,15	4,50	75,25	1,14	36,54	3,29	46,67
	-K	1,92	72,18	3,81	72,71	2,45	98,79	6,42	107,36	2,17	69,55	4,85	68,79
	-B	2,60	97,74	5,36	102,29	2,74	110,48	6,53	109,20	2,25	72,12	5,41	76,74
	-S	2,23	83,83	4,88	93,13	2,27	91,53	5,93	99,16	2,63	84,29	5,91	83,83
	-Mg	2,57	96,62	4,22	80,53	2,44	98,39	6,19	103,51	2,89	92,63	5,68	80,57
	-Cu	2,42	90,98	5,50	104,96	2,23	89,92	4,70	78,60	1,45	46,47	4,16	59,01
	-Ve	2,26	84,96	5,22	99,62	2,64	106,45	5,99	100,17	2,65	84,94	5,64	80,00
-Fe	1,88	70,68	4,29	81,87	2,52	101,61	5,93	99,16	2,49	79,81	5,16	73,19	
3	COMPLETA	3,08	100,00	8,32	100,00	2,81	100,00	8,79	100,00	2,76	100,00	9,81	100,00
	TESTIGO	0,35	11,36	1,72	20,67	0,27	9,61	2,83	32,20	0,13	4,71	1,88	19,16
	-N	0,37	12,01	2,59	31,13	0,24	8,54	3,67	41,75	0,27	9,78	2,52	25,69
	-P	0,96	31,17	3,95	47,48	0,83	29,54	5,33	60,64	0,48	17,39	3,77	38,43
	-K	1,75	56,82	5,56	66,83	2,37	84,34	8,79	100,00	1,61	58,33	6,46	65,85
	-B	2,34	75,97	7,70	92,55	3,18	113,17	9,71	110,47	1,99	72,10	7,40	75,43
	-S	1,97	63,96	6,85	82,33	2,34	83,27	8,27	94,08	2,20	79,71	8,11	82,67
	-Mg	2,64	85,71	6,86	82,45	3,13	111,39	9,32	106,03	2,75	99,64	8,43	85,93
	-Cu	2,44	79,22	7,94	95,43	2,56	91,10	7,26	82,59	1,61	58,33	5,77	58,82
	-Ve	2,52	81,82	7,74	93,03	2,79	99,29	8,78	99,89	2,47	89,49	8,11	82,67
-Fe	1,98	64,29	6,27	75,36	2,87	102,14	8,80	100,11	2,31	83,70	7,47	76,15	
4	COMPLETA	4,37	100,00	12,69	100,00	3,85	100,00	12,64	100,00	4,82	100,00	14,63	100,00
	TESTIGO	0,64	14,65	2,36	18,60	0,45	11,69	3,28	25,95	0,31	6,43	2,19	14,97
	-N	0,73	16,70	3,32	26,16	0,59	15,32	4,26	33,70	0,40	8,30	2,92	19,96
	-P	2,21	50,57	6,16	48,54	1,52	39,48	6,85	54,19	1,00	20,75	4,77	32,60
	-K	2,58	59,04	8,14	64,14	2,53	65,71	11,32	89,56	3,47	71,99	9,93	67,87
	-B	3,91	89,47	11,61	91,49	3,92	101,82	13,63	107,83	3,68	76,35	11,08	75,73
	-S	2,77	63,39	9,62	75,81	2,92	75,84	11,19	88,53	4,01	83,20	12,12	82,84
	-Mg	4,34	99,31	11,20	88,26	4,16	108,05	13,48	106,65	4,47	92,74	12,90	88,17
	-Cu	4,10	93,82	12,04	94,88	3,67	95,32	10,93	86,47	3,35	69,50	9,12	62,34
	-Ve	4,33	99,08	12,07	95,11	3,68	95,58	12,46	98,58	3,65	75,73	11,76	80,38
-Fe	4,31	98,63	10,58	83,37	4,08	105,97	12,88	101,90	3,40	70,54	10,87	74,30	

TABLA 4 Rendimiento de materia seca parcial y acumulada por tratamiento y por serie de suelo.

CORTE N°	TRATAMIENTO DE FERTILIZ.	SERIE SANTA BARBARA			
		PRODUCCIONES MATERIA SECA			
		PARCIALES		ACUMULADOS	
		g/mac	%	g/mac	%
1	COMPLETA	2,56	100,00	2,56	100,00
	TESTIGO	0,91	35,55	0,91	35,55
	-N	1,06	41,41	1,06	41,41
	-P	0,60	23,44	0,60	23,44
	-K	2,15	83,98	2,15	83,98
	-B	2,22	86,72	2,22	86,72
	-S	2,13	83,20	2,13	83,20
	-Mg	1,70	66,41	1,70	66,41
	-Cu	2,10	82,03	2,10	82,03
	-Ve	2,08	81,25	2,08	81,25
-Fe	2,05	80,08	2,05	80,08	
2	COMPLETA	3,61	100,00	6,17	100,00
	TESTIGO	0,74	20,50	1,65	26,74
	-N	0,68	18,84	1,74	28,20
	-P	0,71	19,67	1,31	21,23
	-K	2,98	82,55	5,13	83,14
	-B	3,08	85,32	5,30	85,90
	-S	3,22	89,20	5,35	86,71
	-Mg	3,33	92,24	5,03	81,52
	-Cu	3,17	87,81	5,27	85,41
	-Ve	1,97	54,57	4,05	65,64
-Fe	2,91	80,61	4,96	80,39	
3	COMPLETA	3,54	100,00	9,71	100,00
	TESTIGO	0,26	7,34	1,91	19,67
	-N	0,26	7,34	2,00	20,60
	-P	0,41	11,58	1,72	17,71
	-K	1,86	52,54	6,99	71,99
	-B	2,21	62,43	7,51	77,34
	-S	2,61	73,73	7,96	81,98
	-Mg	2,99	84,46	8,02	82,60
	-Cu	2,50	70,62	7,77	80,02
	-Ve	1,36	38,42	5,41	55,72
-Fe	2,28	64,41	7,24	74,56	
4	COMPLETA	4,30	100,00	14,01	100,00
	TESTIGO	0,40	9,30	2,31	16,49
	-N	0,41	9,53	2,41	17,20
	-P	1,02	23,72	2,74	19,56
	-K	2,13	49,53	9,12	65,10
	-B	4,07	94,65	11,58	82,66
	-S	3,33	77,44	11,29	80,59
	-Mg	4,14	96,28	12,16	86,80
	-Cu	3,25	75,58	11,02	78,66
	-Ve	3,69	85,81	9,10	64,95
-Fe	3,51	81,63	10,75	76,73	



TABLA 5 Valores de la ecuación  $\text{Log } Y = \text{Log } A + mX$  correspondientes a las líneas de fertilidad de los tratamientos realizados en las distintas series

SERIES TRATAM	ARENALES		COREO		STA. TERESA		CAUQUENES		SN. ESTEBAN	
	A(%)	m*	A(%)	m*	A(%)	m*	A(%)	m*	A(%)	m*
Testigo	63.0	-63.44	31.4	-16.17	34.0	-43.49	36.9	-37.56	54.4	-44.70
-N	95.5	-44.42	69.0	-48.02	75.0	-49.49	46.7	-46.70	59.0	-48.90
-P	91.0	-16.93	78.0	-15.45	81.0	-19.08	67.5	-22.70	101.0	-27.80
-K	125.0	-16.03	69.0	-8.49	94.5	2.67	77.0	-2.60	70.5	6.86
-B	143.0	-14.60	76.0	8.27	99.0	-4.48	94.0	-3.10	69.0	6.83
-S	103.0	-34.51	69.0	-22.52	87.5	-6.10	95.5	-1.30	118.0	-4.23
-Mg	139.0	-13.84	73.0	6.93	87.0	5.20	81.0	6.90	89.5	8.96
-Cu	145.0	-32.05	75.0	-6.21	107.0	-5.20	81.0	3.40	93.0	15.20
-Ve	147.0	-25.94	77.0	-16.74	97.0	-2.00	76.0	5.40	81.0	12.50
-Fe	97.5	-24.24	78.5	-4.36	73.0	1.20	95.0	-1.30	99.5	-0.30

SERIES TRATAM	COLLIPULLI		MININCO		NAHUEL BUTA		CURANIPE		STA. BARBARA	
	A(%)	m*	A(%)	m*	A(%)	m*	A(%)	m*	A(%)	m*
Testigo	37.0	-30.91	32.0	-18.30	62.5	-30.30	37.5	-27.00	44.0	-36.10
-N	41.5	-29.00	87.5	-54.00	94.0	-35.80	48.0	-26.00	52.5	-42.30
-P	74.0	-15.20	63.0	-9.20	92.0	-18.20	64.5	-20.30	27.0	-18.20
-K	84.0	-2.60	75.0	-5.60	122.0	-10.80	68.0	0.50	88.0	-9.40
-B	80.2	5.90	111.0	-7.20	107.5	0.80	83.5	-4.60	87.5	-1.80
-S	121.0	-16.60	108.0	-12.30	112.0	-6.50	85.0	-1.00	84.0	-1.60
-Mg	97.0	-2.50	77.5	6.00	107.5	-0.80	73.0	6.40	76.5	3.60
-Cu	71.0	9.90	128.0	-15.60	73.0	5.50	55.8	3.20	82.5	-1.40
-Ve	85.0	2.90	123.0	-15.40	103.0	-1.70	72.5	9.40	93.0	-23.30
-Fe	86.0	5.60	101.0	-15.60	96.0	1.50	62.0	9.60	94.0	-11.10

m = Pendiente de la recta, cuyos valores deben multiplicarse por  $10^{-3}$

A = Coeficiente de posición de la recta.

**4.3.1 Serie Arenales.** Se observa en FIGURA 1, que todos los tratamientos se clasifican en deficiencias leves, sin deficiencias o presencia excesiva al inicio del ensayo. Sin embargo y debido a los altos valores de las velocidades de agotamiento, varios tratamientos se ven rápidamente limitados por la carencia de los elementos, llegando a transformarse en deficiencias graves (valores de A menores a 80) al término del ensayo, los elementos nitrógeno, azufre, fierro, fósforo y cobre.

**4.3.2 Serie Coreo.** Se observa en la TABLA 4, que para la serie Coreo todos los nutrimentos representan una deficiencia grave, alcanzando rendimiento de 69% de la fertilidad potencial el nitrógeno, potasio y azufre, hasta rendimientos de 78,5% para fierro. Sin embargo, la velocidad de agotamiento del nitrógeno, representada por el coeficiente angular de las respectivas líneas de fertilidad, (FIGURA 2) es superior en valor absoluto a todos los restantes tratamientos, alcanzando valores de alrededor de 25% en el cuarto corte.

Las velocidades de agotamiento de magnesio y boro son positivas, lo que indica que estas carencias no existen y se deben a la inclusión de una dosis excesiva de ellos en la fertilización completa.

**4.3.3 Serie Santa Teresa.** La principal deficiencia la constituye el fierro que alcanza un valor de 73% (FIGURA 3), correspondiendo a una deficiencia de carácter grave de este elemento. La velocidad de agotamiento posee un valor

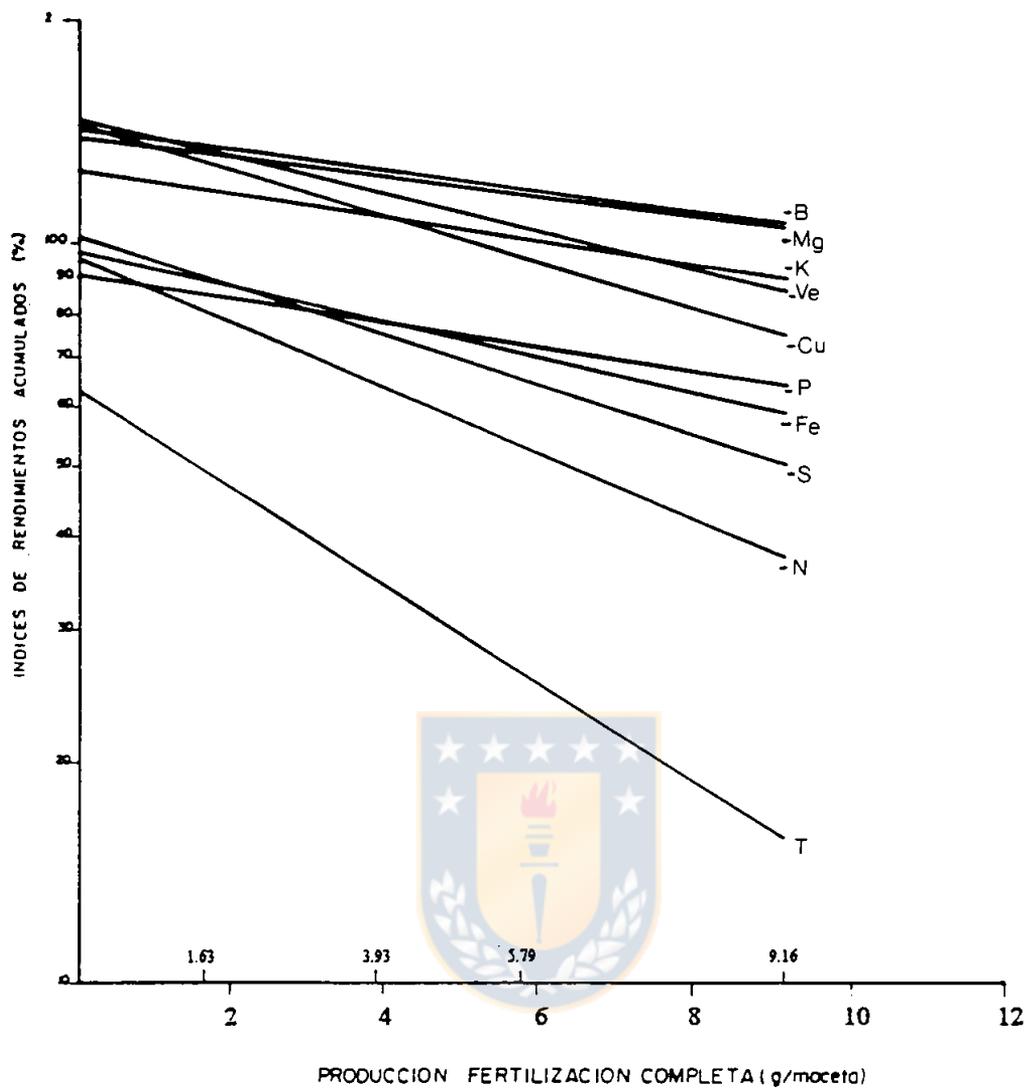


FIGURA 1 Diagrama de fertilidad de la Serie Arenales.

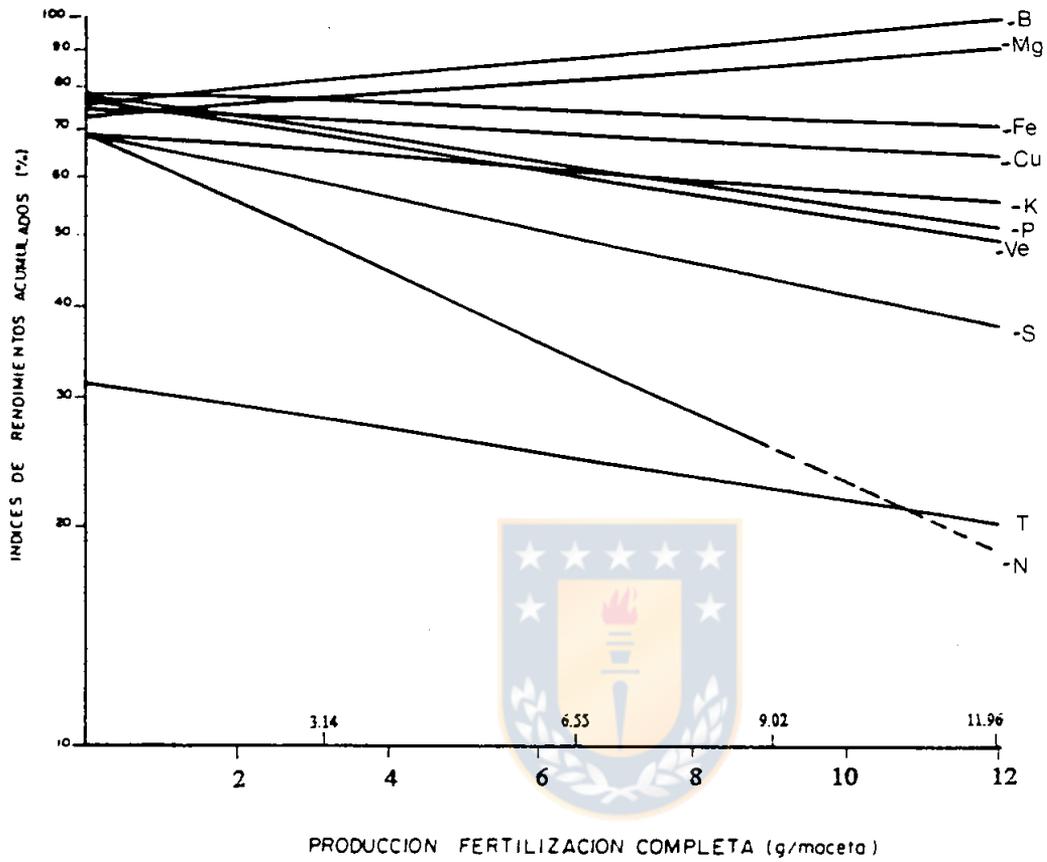


FIGURA 2 Diagrama de fertilidad de la Serie Coreo.

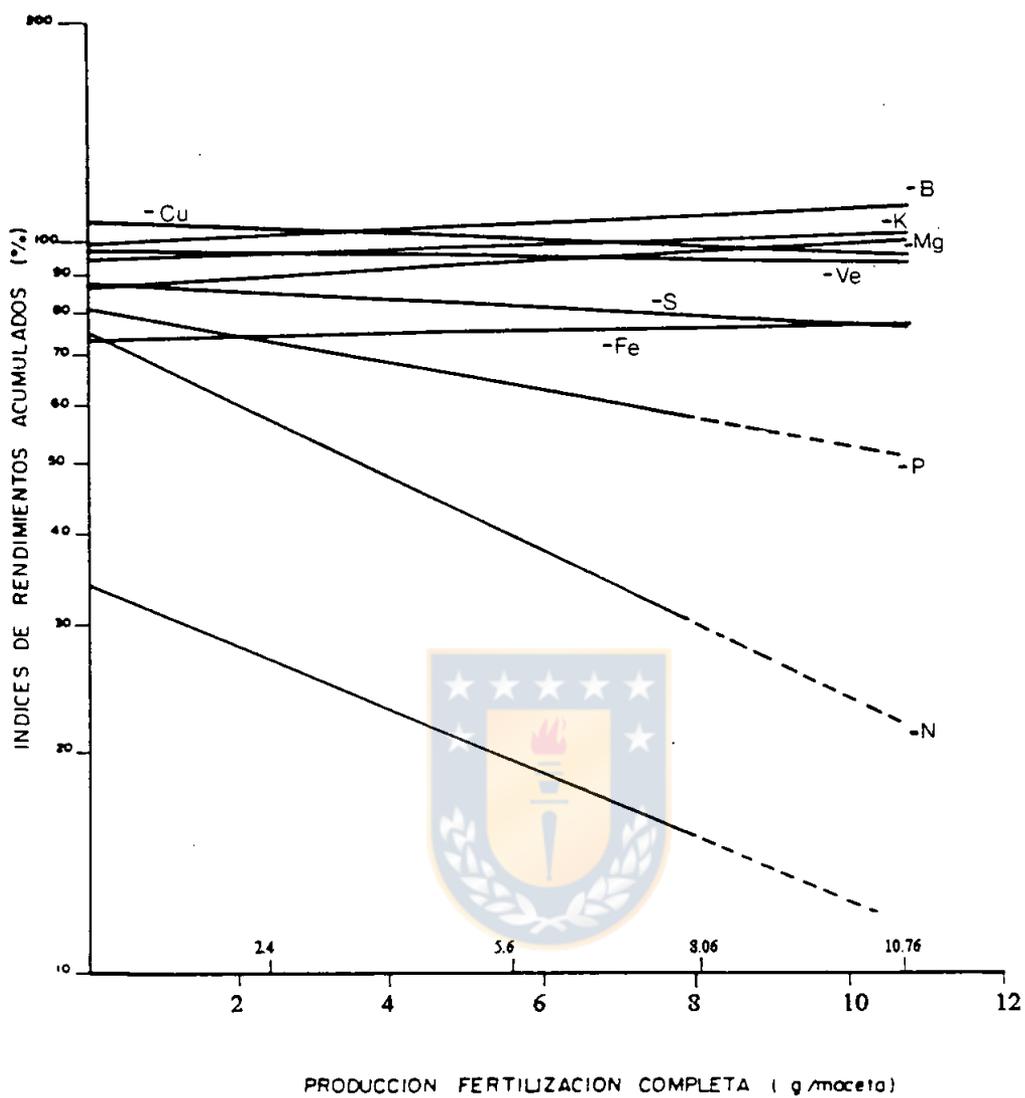


FIGURA 3 Diagrama de fertilidad de la Serie Santa Teresa.

positivo, que indica que la carencia es levemente más intensa en el momento del establecimiento.

La segunda deficiencia corresponde al tratamiento menos nitrógeno, presentando un valor de 75%, clasificándose también en deficiencia grave. Su velocidad de agotamiento presenta un alto valor absoluto, que indica que esta deficiencia se ve agravada al término del ensayo.

Le siguen en intensidad las deficiencias de fósforo y azufre con índices de rendimientos de 81% y 87,5% respectivamente, clasificándose en deficiencias intermedias, que se ven acentuadas a mayor uso del suelo.

El magnesio representa también una deficiencia intermedia con un valor de 87%; su velocidad de agotamiento positivo indica que esta deficiencia disminuye a mayor uso del suelo.

Las demás deficiencias se encuentran a un nivel suficiente con velocidades de agotamiento muy pequeñas por lo que se mantienen prácticamente sin variación durante todo el ensayo.

**4.3.4. Serie Cauquenes.** Las principales deficiencias las constituyen el nitrógeno y el fósforo con valores de 46,7% y 67,5% respectivamente (FIGURA 4), correspondiendo ambas a una deficiencia grave que se ven acentuadas a medida que se intensifica el uso del suelo.

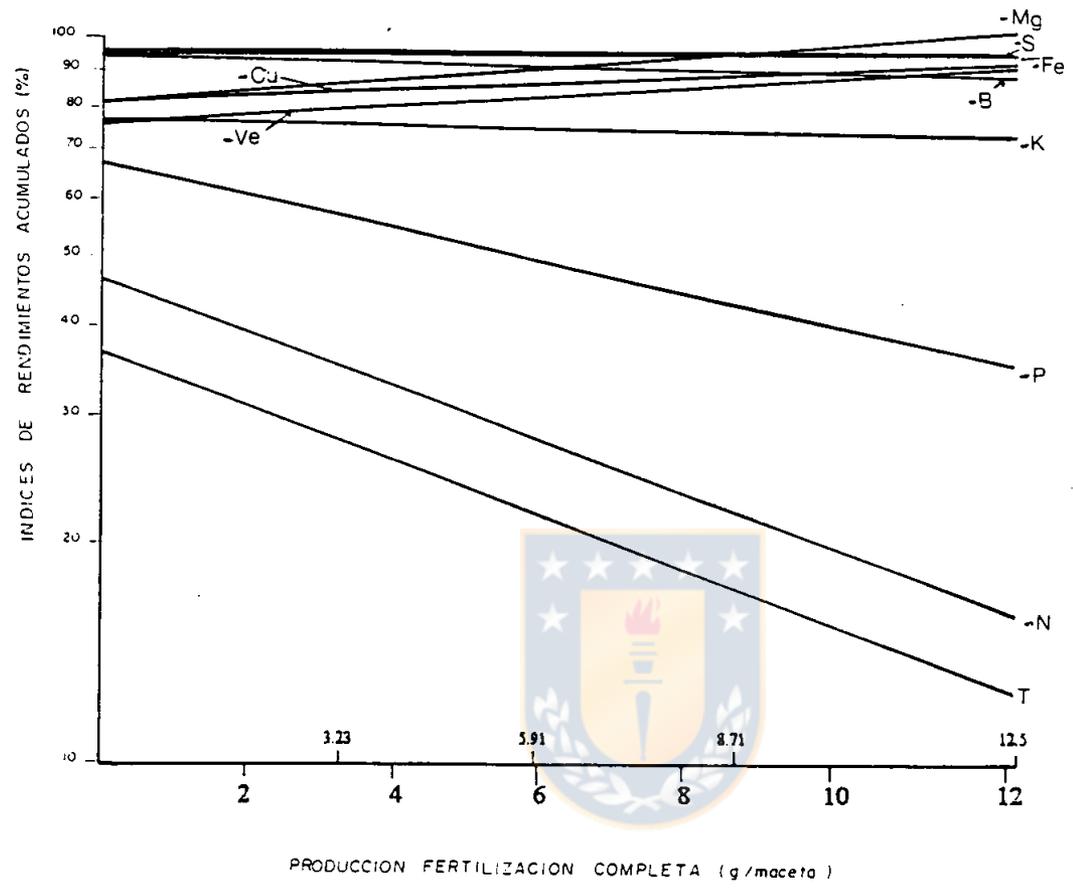


FIGURA 4 Diagrama de fertilidad de la Serie Cauquenes.

El tratamiento menos varios elementos (Ve) constituye otra importante deficiencia de carácter grave. Por limitaciones propias de la metodología no fue posible dilucidar él o los elementos que están determinando esta deficiencia, la que disminuye al término del ensayo.

La cuarta carencia de carácter grave la representa el potasio con un valor de 77%, cuya velocidad de agotamiento es pequeña por lo que se mantiene prácticamente sin variación durante todo el ensayo.

Magnesio y cobre corresponden a deficiencias intermedias con valores de 81% que tienden a disminuir a mayor uso del suelo.

Los elementos, boro, fierro y azufre se encuentran con una leve deficiencia o en niveles suficientes, con velocidades de agotamiento pequeñas por lo que se mantienen prácticamente sin variación durante el ensayo.

**4.3.5. Serie San Esteban.** Nitrógeno es la carencia más importante, y debido a su alta velocidad de agotamiento se intensifica con un mayor uso del suelo. Este tratamiento tiene un rendimiento muy similar al tratamiento testigo (FIGURA 5).

Le siguen en importancia boro y potasio con índices de rendimiento de 69% y 70,5%, respectivamente, correspondiendo también a deficiencias graves, variando a deficiencias intermedias a medida que transcurre el ensayo.

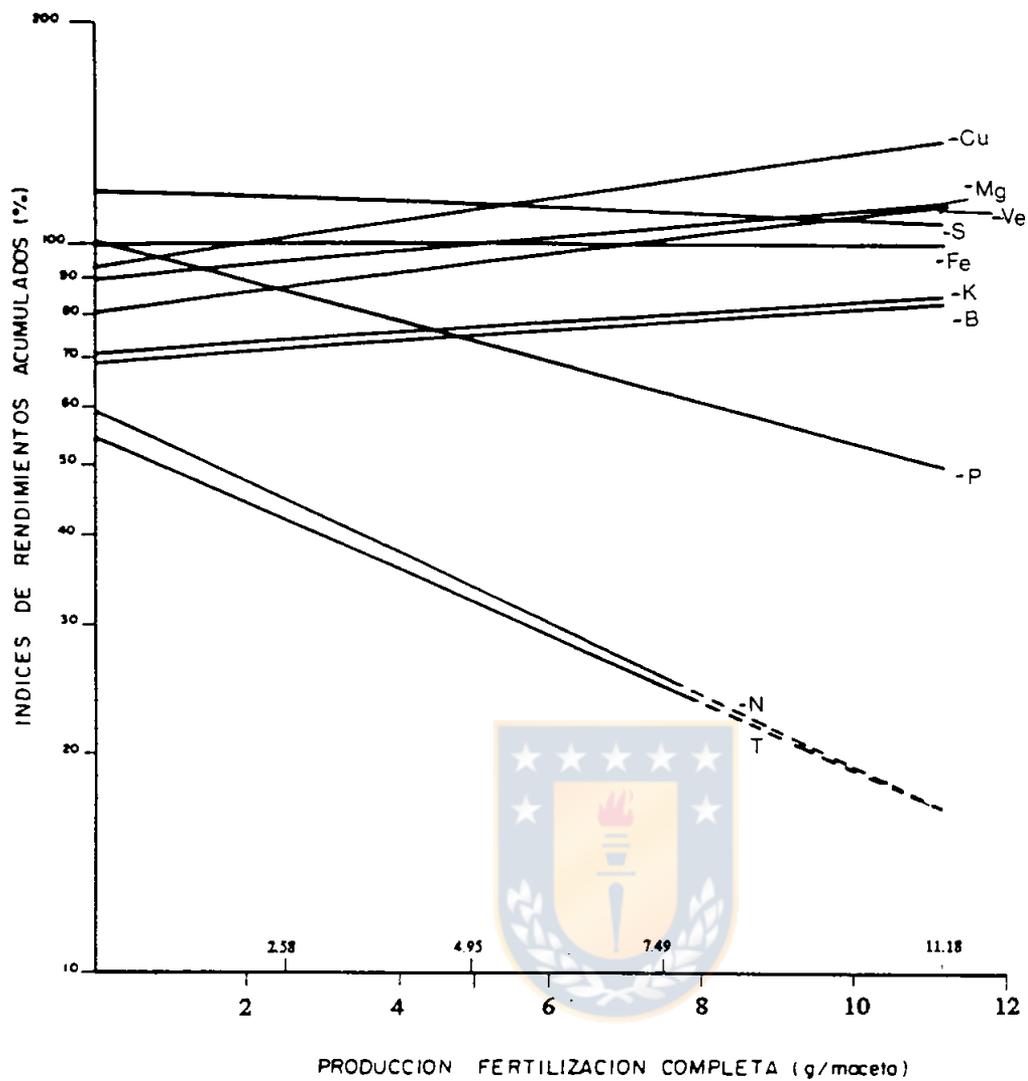


FIGURA 5 Diagrama de fertilidad de la Serie San Esteban.

La cuarta carencia corresponde al tratamiento menos varios elementos que alcanza un índice de rendimiento de 81% constituyendo una deficiencia de carácter intermedia.

Los demás elementos se encuentran a un nivel suficiente con una gradiente de la línea de fertilidad pequeña o positiva por lo que disminuye la intensidad de la deficiencia o ésta se mantiene sin variación, excepto para el fósforo que a un mayor uso del suelo se presenta la deficiencia llegando a ser grave en el último corte.

**4.3.6. Serie Collipulli.** Nitrógeno es la deficiencia más grave con un índice de rendimiento de 41,5% (FIGURA 6); debido a su velocidad de agotamiento, se intensifica a través del ensayo obteniéndose rendimientos del orden del 18% en el último corte.

Otra deficiencia de carácter grave, la representa el cobre, con un índice de rendimiento de 71%. A diferencia del nitrógeno a medida que transcurre el ensayo, esta deficiencia se atenúa, llegando a presentar niveles satisfactorios en el cuarto corte.

El fósforo con un índice de rendimiento de 74% representa la tercera carencia de carácter grave. Debido a su velocidad de agotamiento se agrava a mayor uso del suelo.

El boro, potasio, fierro y alguno(s) de los elementos cinc, manganeso y molibdeno se encuentran representando una

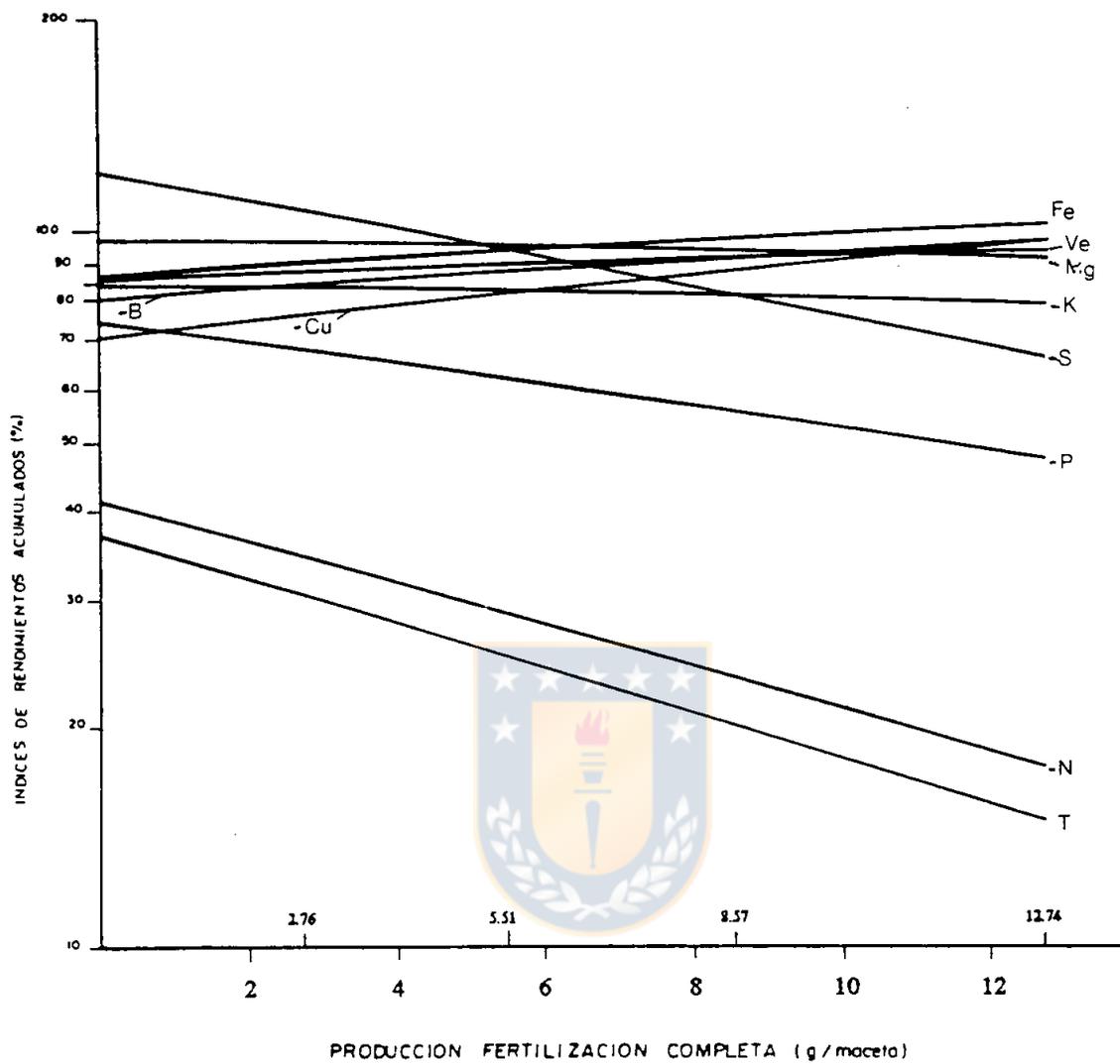


FIGURA 6 Diagrama de fertilidad de la Serie Collipulli.

deficiencia de carácter intermedia con índices de rendimiento de 80,2%, 84%, 86% y 85% respectivamente. A medida que transcurre el ensayo, en todos a excepción del potasio se ve disminuida la deficiencia.

Especial atención merece el azufre, que por adición innecesaria del elemento (considerando la alta disponibilidad de éste en el suelo), inicialmente se encuentra en niveles excesivos en la fórmula de fertilización completa. Sin embargo estos niveles disminuyen rápidamente, llegando a constituir una deficiencia de carácter grave en el último corte por agotamiento de sus reservas en el suelo.

**4.3.7. Serie Mininco.** Las más graves carencias corresponden a fósforo y potasio con índices de rendimiento de 63% y 75% respectivamente, las que se intensifican levemente a medida que se desarrolla el ensayo (FIGURA 7).

El magnesio con un índice de rendimiento de 77,5% es la tercera carencia grave que se presenta en esta serie, sin embargo a medida que aumenta el uso del suelo esta deficiencia se ve disminuida por el carácter positivo de su velocidad de agotamiento.

El nitrógeno se clasifica en deficiencia intermedia con un índice de rendimiento de 87,5%, lo que se podría atribuir al alto contenido de materia orgánica que presenta el suelo usado. Debido a la fuerte pendiente de su línea de fertilidad este elemento se transforma rápidamente en una

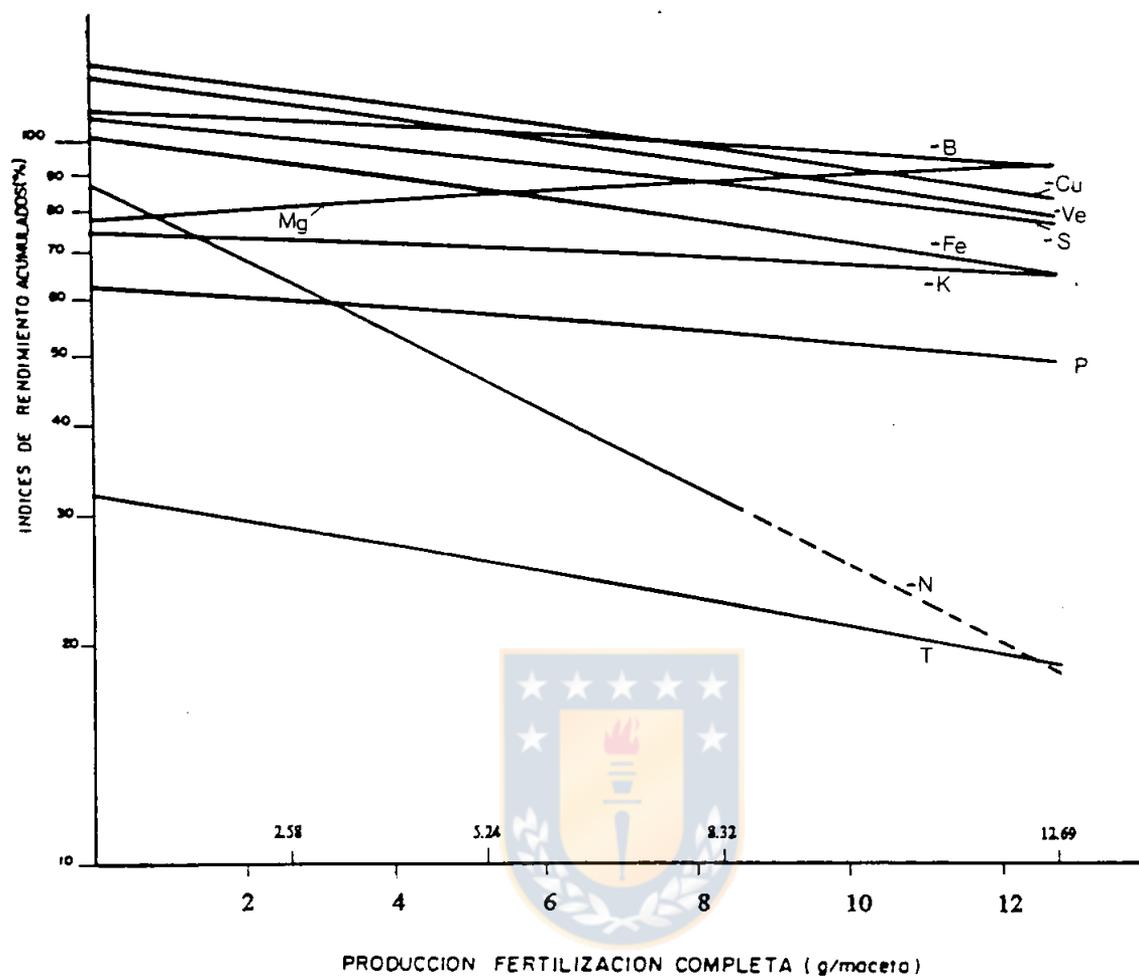


FIGURA 7 Diagrama de fertilidad de la Serie Mininco.

deficiencia grave, siendo la más importante a partir del segundo corte.

Los demás nutrimentos se suministraron en niveles excesivos en la fórmula de fertilización completa, perjudicando el crecimiento de la planta indicadora en el primer corte, pero de acuerdo a la pendiente de sus líneas de fertilidad, esta riqueza disminuye rápidamente, manifestando una deficiencia grave en el último corte los elementos fierro, azufre y alguno(s) de los elementos cinc, manganeso y molibdeno.

**4.3.8. Serie Nahuelbuta.** La principal carencia grave la constituye el cobre con un valor de 73% para su línea de fertilidad. Su velocidad de agotamiento presenta un valor positivo, lo que significa que su carencia es más intensa al inicio del ensayo (FIGURA 8).

El fósforo y el nitrógeno se clasifican como deficiencias leves atendiendo al índice de rendimiento (92% y 94% respectivamente). Sin embargo, considerando sus elevadas velocidades de agotamiento, estos se transforman en las principales deficiencias graves a partir del segundo corte.

Los elementos potasio, boro, azufre, magnesio, fierro y alguno(s) de los elementos cinc, manganeso y molibdeno se encuentran en un nivel satisfactorio o de presencia excesiva. Debido a sus bajas velocidades de agotamiento, prácticamente se mantienen constantes a través del ensayo.

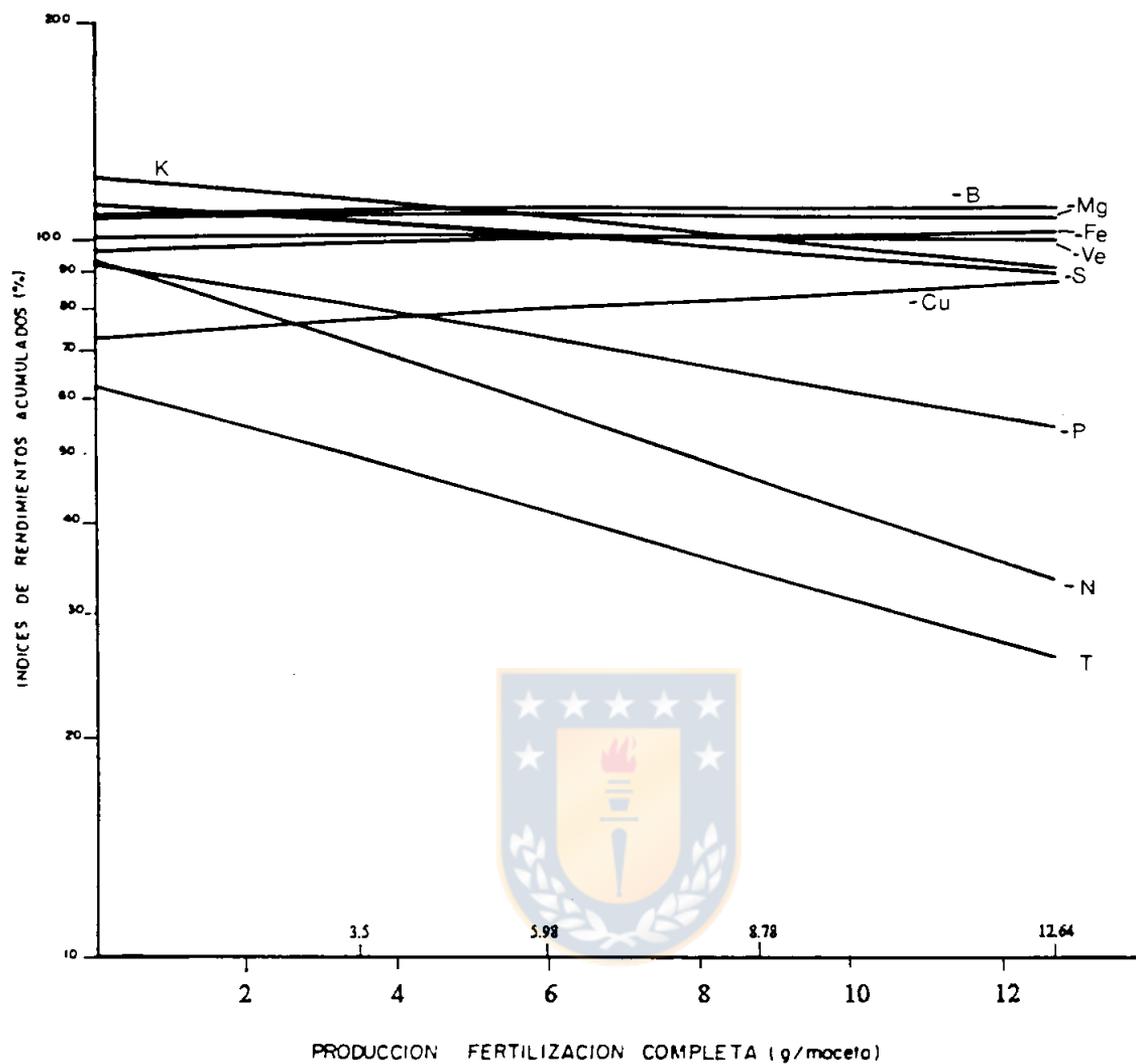


FIGURA 8 Diagrama de fertilidad de la Serie Nahuelbuta.

Solamente los elementos azufre y potasio manifiestan una deficiencia intermedia en el último corte.

**4.3.9. Serie Curanipe.** La principal deficiencia la constituye el nitrógeno con un índice de rendimiento de 48%, representando así una deficiencia de carácter grave, que se acentúa a medida que se utiliza más intensamente el suelo, obteniéndose rendimientos de alrededor de 20% en el cuarto corte (FIGURA 9).

Le sigue en importancia cobre, con un valor de 55,8% cuya intensidad disminuye levemente a medida que transcurre el ensayo.

La tercera carencia grave corresponde al fósforo, aún cuando su índice de rendimiento es ligeramente superior que el del fierro; pero, las diferencias de pendientes de sus líneas de fertilidad indican que a medida que transcurre el ensayo la deficiencia de fierro disminuye, mientras que la deficiencia de fósforo se ve altamente intensificada.

El potasio con un valor de 68% es otra carencia de carácter grave, que por su constante velocidad de agotamiento se mantiene a través de todo el ensayo.

Otras deficiencias de carácter grave corresponden al magnesio y a alguno(s) de los elementos cinc, manganeso y molibdeno. Poseen pendientes con un valor positivo, lo que señala una carencia más importante al momento del establecimiento

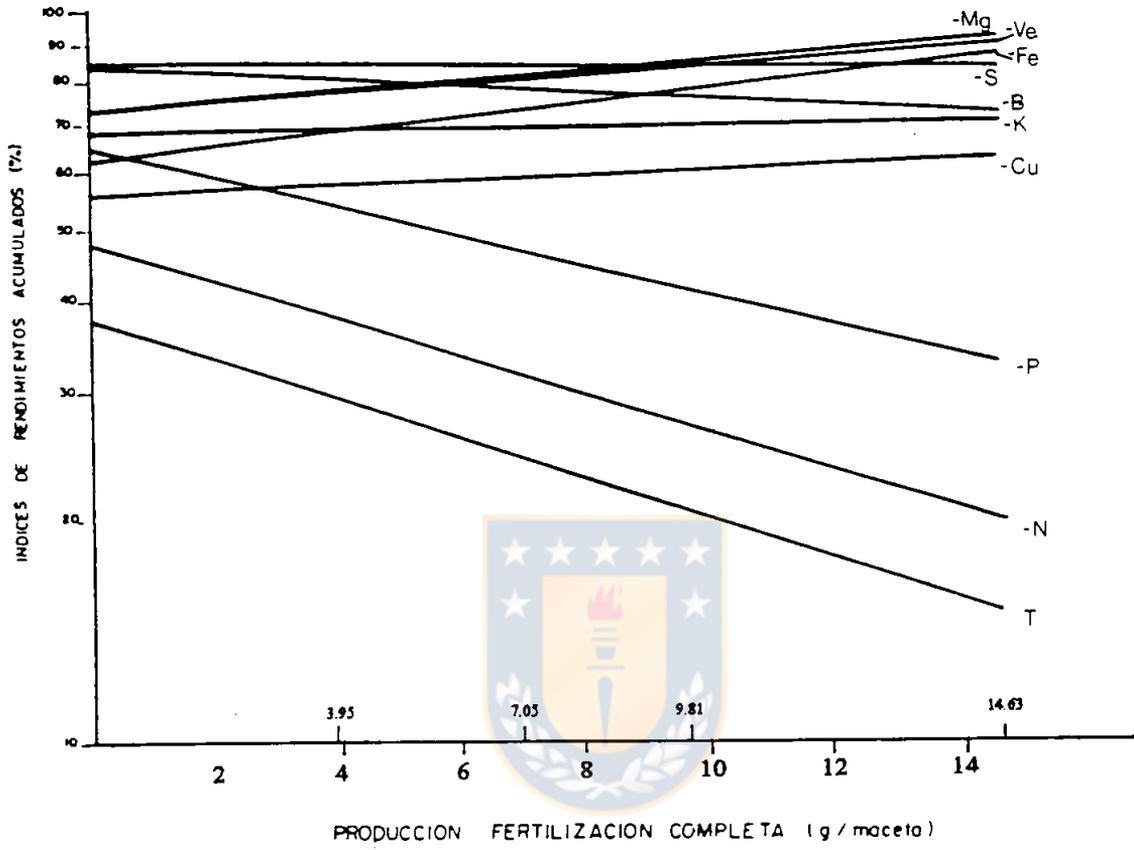


FIGURA 9 Diagrama de fertilidad de la Serie Curanipe.

Boro y azufre se clasifican como deficiencias intermedias con índices de rendimiento de 83,5% y 85% respectivamente, cuyas carencias se ven intensificadas a medida que transcurre el ensayo.

**4.3.10. Serie Santa Bárbara.** Se observa que la principal carencia grave está determinada por el fósforo (FIGURA 10), con un índice de rendimiento de 27,7%; siendo incluso menor al del tratamiento testigo, esto debido a que hay un mayor agotamiento del elemento con la fórmula de fertilización completa menos fósforo que con la testigo.

Nitrógeno es la segunda carencia grave con un índice de rendimiento de 52,5%, la que se ve aumentada a mayor uso del suelo debido a su alta velocidad de agotamiento y a la pobreza en materia orgánica para ésta muestra específica.

Otra deficiencia grave corresponde al magnesio con un valor de 76,5%. Su velocidad de agotamiento es positiva por lo que se ve levemente subsanada a medida que transcurre el ensayo.

Las carencias de cobre, azufre, boro y potasio, se clasifican en deficiencias intermedias con índices de rendimiento de 82,5%, 84%, 87,5% y 88% respectivamente, sus velocidades de agotamiento están determinando que estas carencias se mantengan prácticamente sin variación a través del ensayo a excepción del potasio que se transforma en deficiencia grave al término de éste.

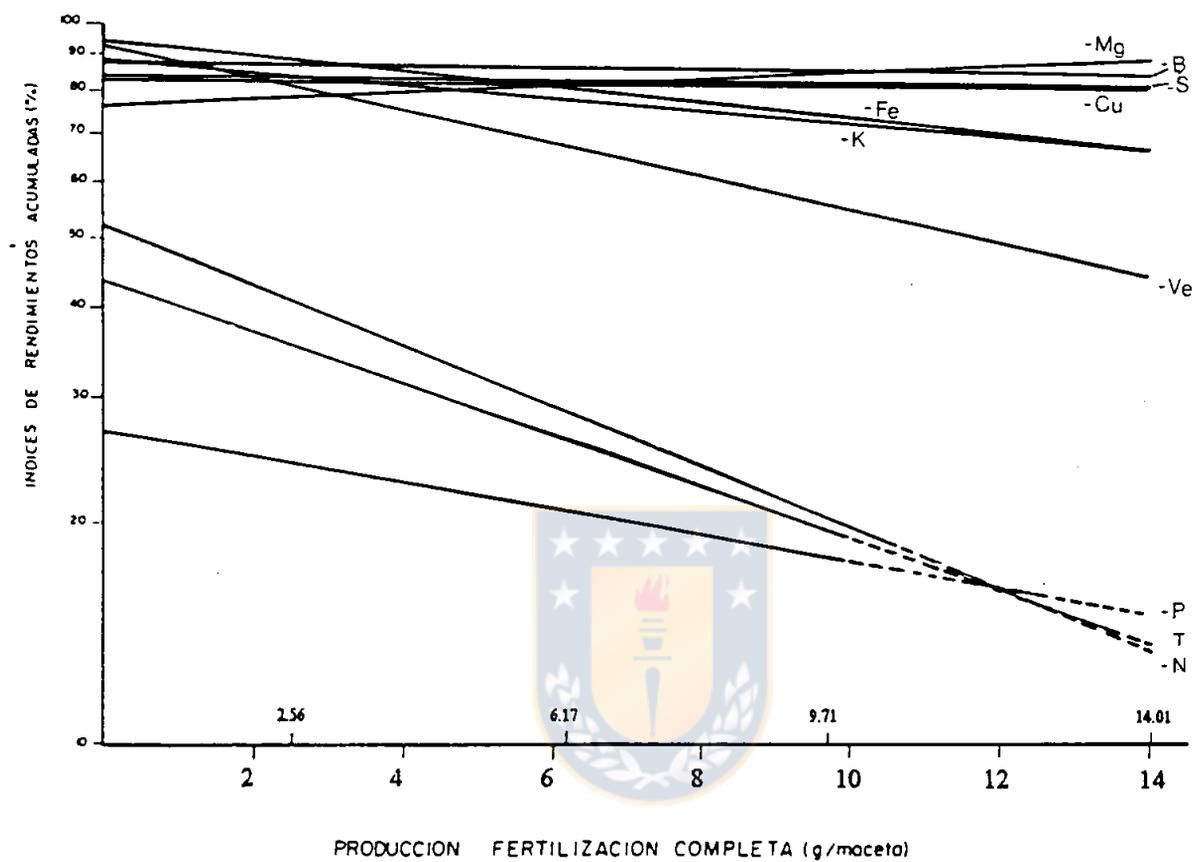


FIGURA 10 Diagrama de fertilidad de la Serie Santa Bárbara

Las carencias de fierro y de alguno(s) de los elementos cinc, manganeso y molibdeno se clasifican en deficiencias leves con valores de 94% y 93% respectivamente, sin embargo estas carencias se intensifican a medida que transcurre el ensayo, transformándose en deficiencias graves en el cuarto corte especialmente el último tratamiento, que debido a limitaciones propias de la metodología no fue posible determinar cual o cuales de los nutrimentos componentes de este tratamiento es o son los que están determinando esta carencia.

#### **4.4. Jerarquización de las deficiencias.**

La jerarquización de las deficiencias se determinó para cada serie de suelo estudiada sobre la base de la diferencia de los índices de rendimientos (I de R) de deficiencias consecutivas como se presenta en la TABLA 6. La corrección de estas carencias debe realizarse en el mismo orden en que se presentan.

TABLA 6. Jerarquía de las deficiencias de las diez series de suelos estudiadas.

Serie de suelo	Jerarquía de las deficiencias
Arenales	P
Coreo	N = K = S = Mg = Cu = B = "Ve" = P = Fe
Santa Teresa	Fe = N > P > Mg = S > K
Cauquenes	N > P > "Ve" = K = Mg = Cu > B = Fe
San Esteban	N > B = K > "Ve" > Mg = Cu
Collipulli	N >> Cu = P > B = K = "Ve" = Fe
Mininco	P > K = Mg > N
Nahuelbuta	Cu > P = N
Curanipe	N > Cu > Fe = P = K = "Ve" = Mg > B = S
Santa Bárbara	P >> N > Mg > Cu = S = B = K > "Ve" = Fe

Donde:

- = Diferencia inferior al 5% del I de R
- > Diferencia entre 5% - 25% del I de R
- >> Diferencia superior a un 25% del I de R

I de R Índice de rendimiento acumulado (%) del tratamiento de fertilización incompleta.

#### 4.5. Análisis Estadístico.

Con el propósito de determinar si se cumple el supuesto de homocedasticidad de varianza, a los resultados de la variable peso de materia seca se les practicó la prueba de Bartlett, cuyos valores se presentan en la TABLA 7 para un nivel al 1% de probabilidad.

TABLA 7. Valores de la prueba de Bartlett para las diez series de suelos estudiadas.

Serie de suelo	Chi cuadrado Calculado	Chi cuadrado Tabulado
Arenales	12,35	23,21
Coreo	9,54	23,21
Santa Teresa	9,69	23,21
Cauquenes	20,02	23,21
San Esteban	6,60	23,21
Collipulli	7,64	23,21
Mininco	12,97	23,21
Nahuelbuta	12,66	23,21
Curanipe	10,94	23,21
Santa Bárbara	10,29	23,21

Como se observa en la TABLA 7 se acepta que se cumple el supuesto de homocedasticidad de varianza, dado que el valor tabular de CHI Cuadrado con 10 grados de libertad (considerando que son 11 tratamientos) para un nivel de significación al 1% es de 23,21, es superior a los valores de CHI Cuadrado calculados para las distintas series de suelos.

Los resultados de los análisis de varianza practicados a las distintas series de suelos en estudio se presentan en la TABLA 8.

Todas las Series de suelo presentan diferencias significativas entre tratamientos al nivel de 0,01, con excepción de la serie Collipulli con diferencias significativas al nivel de 0,05 (para mayor detalle ver anexo).

Posteriormente se aplicó la prueba de Tukey, de comparaciones múltiples, para evaluar el grado de diferencia que existe entre los tratamientos de cada ensayo. Los resultados de esta prueba se presentan en la TABLA 9.

TABLA 8. Valores del análisis de varianza para la producción de materia seca de las diez series de suelos estudiadas.

SERIE DE SUELO	F CALCULADO	F TABULADO
Arenales	5.94*	4.37
Coreo	7.34*	4.37
Santa Teresa	5.93*	4.37
Cauquenes	14.57*	4.37
San Esteban	5.13*	4.37
Collipulli	3.90**	2.80
Mininco	20.93*	4.37
Nahuelbuta	6.63*	4.37
Curanipe	14.53*	4.37
Santa Bárbara	7.48*	4.37

\* significativo a nivel de 0.01

\*\* significativo a nivel de 0.05

TABLA 9. Prueba de Tukey para la diferencia entre los valores promedios de materia seca de los distintos tratamientos.

SERIE DE SUELO	TRATAMIENTOS
Arenales	<u>-Mg -B -Ve -Fe -Cu -K Fc -P -S -N T</u>
Coreo	<u>Fc -Fe -B -Mg -Cu -P -Ve -K -S -N T</u>
Santa Teresa	<u>-Ve -Cu -Mg -B Fc -K -S -P -Fe -N T</u>
Cauquenes	<u>Fc -S -Fe -B -Mg -Ve -Cu -K -P -N T</u>
San Esteban	<u>-S -Cu Fc -Mg -Ve -Fe -P -K -B -N T</u>
Collipulli	<u>-S Fc -Mg -K -Fe -Cu -Ve -B -P -N T</u>
Mininco	<u>-Cu -Ve -B -S Fc -Fe -Mg -K -N -P T</u>
Nahuelbuta	<u>-K -B -Mg -S Fc -Fe -Ve -P -N -Cu T</u>
Curanipe	<u>Fc -S -B -Ve -Mg -Cu -K -Fe -P -N T</u>
Santa Bárbara	<u>Fc -B -K -S -Cu -Ve -Fe -Mg -N T -P</u>

El análisis de la prueba de Tukey ratifica los resultados obtenidos mediante el método gráfico, ya que existen ciertas agrupaciones de nutrimentos que corresponden a los mismos presentados en los diagramas de fertilidad.

La línea continua indica que no existe diferencia entre los tratamientos a un nivel del 5% de probabilidad.

Para la serie Arenales se aprecia que los tratamientos testigo, menos nitrógeno, menos azufre, menos fósforo, fertilización completa y menos potasio, son significativamente diferentes de los restantes tratamientos. No obstante, todos ellos a excepción del testigo no presentan diferencia con los tratamientos menos cobre, menos fierro y menos varios elementos, los cuales a su vez excepto el tratamiento menos nitrógeno no difieren de los tratamientos menos magnesio y menos boro.

Esto significa que las principales deficiencias minerales para esta serie corresponde, al elemento nitrógeno seguida por los elementos azufre, fósforo y potasio.

Para la serie Coreo se observa que los tratamientos testigo, menos nitrógeno y menos azufre son significativamente diferentes a los restantes tratamientos.

Los dos últimos no presentan diferencias con los tratamientos menos potasio, menos varios elementos y menos fósforo, no presentando a su vez estos dos últimos diferencias con los restantes tratamientos.

Lo anterior significa que las principales deficiencias minerales de esta serie corresponden a los elementos nitrógeno y azufre, seguidas por potasio y uno o varios de los micronutrientes cinc, manganeso y molibdeno.

Para la serie Santa Teresa se aprecia que los tratamientos testigo, menos nitrógeno y menos fierro presentan diferencias significativas con los restantes tratamientos, a excepción de los dos últimos que se asemejan a los tratamientos menos fósforo y menos azufre que a su vez no presentan diferencias con los demás tratamientos.

De aquí se deduce que las principales deficiencias minerales para esta serie la componen los elementos nitrógeno, fierro, fósforo y azufre.

Para la serie Cauquenes se determinó que los tratamientos testigo, menos nitrógeno y menos fósforo presentan diferencias significativas con los demás tratamientos. Sin embargo, los dos últimos no difieren significativamente del tratamiento menos potasio que a su vez se asemeja con los tratamientos menos cobre, menos varios elementos y menos magnesio, los cuales no presentan diferencias con los restantes tratamientos.

Por tanto las principales deficiencias minerales para esta serie corresponden a los elementos nitrógeno y fósforo seguidas por potasio, cobre, uno o varios de los microelementos (cinc, manganeso y molibdeno) y magnesio.

Para la serie San Esteban se establece que los tratamientos testigo y menos nitrógeno presentan diferencias con los restantes tratamientos. A su vez, estos son similares al tratamiento menos boro y este a su vez se asemeja a los tratamientos menos potasio menos fósforo, menos fierro, menos varios elementos y menos Magnesio, los que no presentan diferencias con los restantes tratamientos.

De lo anterior, se deduce que la principal deficiencia mineral para esta serie, la constituye el elemento nitrógeno seguida por los elementos boro, potasio y fósforo.

Para la serie Collipulli, los tratamientos testigo y menos nitrógeno presentan diferencias con los tratamientos fertilización completa y menos azufre, ya que, los dos primeros son similares a los tratamientos menos fósforo, menos boro, menos varios elementos, menos cobre, menos fierro menos potasio y menos magnesio, los cuales a su vez se asemejan a los tratamientos fertilización completa y menos azufre.

Entonces, las principales deficiencias minerales para esta serie de suelo corresponden, al elemento nitrógeno seguida por los elementos fósforo, boro, uno o varios de los microelementos cinc, manganeso y molibdeno.

Para la serie Mininco se aprecia que el tratamiento testigo presenta diferencias con los demás tratamientos, el cual sin embargo, no difiere estadísticamente de los

tratamientos menos fósforo, menos nitrógeno, menos potasio y menos magnesio, los que a su vez son similares a los restantes tratamientos.

Así, las principales deficiencias minerales para la serie Mininco la componen los elementos fósforo, nitrógeno, potasio y magnesio.

En la serie Nahuelbuta se observa que el tratamiento testigo presenta diferencias significativas respecto a los demás tratamientos con excepción de los tratamientos menos cobre y menos nitrógeno, estos dos últimos, sin embargo, se asemejan al tratamiento menos fósforo que a su vez se asemeja a los restantes tratamientos.

Por lo tanto, las principales deficiencias minerales para esta serie corresponden a los elementos cobre, nitrógeno y fósforo.

Para la serie Curanipe, se observa que los tratamientos testigo, menos nitrógeno y menos fósforo son significativamente diferentes a los demás tratamientos. El último, sin embargo, se asemeja a los tratamientos menos fierro, menos potasio, menos cobre, menos magnesio, menos varios elementos y menos boro los cuales a su vez, no presentan diferencias con los tratamientos menos azufre y fertilización completa.

De acuerdo a esto las principales deficiencias minerales para esta serie la constituyen los elementos nitrógeno y

fósforo, seguida de los elementos fierro, potasio, cobre, y magnesio.

Finalmente la serie Santa Bárbara, tiene la mayor diferencia para el tratamiento fertilización completa menos fósforo que se asemeja al tratamiento testigo y éste al tratamiento menos nitrógeno. A su vez, este tratamiento no difiere de los tratamientos menos magnesio y menos fierro, estos dos últimos, sin embargo, son similares a los restantes tratamientos.

Esto significa que las principales deficiencias minerales para esta serie la constituyen los elementos fósforo y nitrógeno, seguidas por los elementos magnesio y fierro.

En la TABLA 10 y 11 se presentan las características de fertilidad de las diez series de suelo en estudio, deducidas del ensayo en macetas al inicio del ensayo y considerando un uso intensivo del suelo.

TABLA 10 Características de fertilidad de las diez series de suelo, deducidas del ensayo en macetas al inicio y término del ensayo.

Serie suelo	Deficiencias Inicio Ensayo			Suficiencias
	Graves	Intermedia	Leves	
Arenales			P	N, Fe, S, K, Mg, B, Cu, Ve
Coreo	N, K, S, Mg, Cu, B, Ve, P, Fe			
Sta. Teresa	Fe, N	P, Mg, S	K	Ve, B, Cu
Cauquenes	N, P, Ve, K	Mg, Cu	B, Fe	S
Sn. Esteban	N, B, K	Ve, Mg	Cu	Fe, P, S
Collipulli	N, Cu, P	B, K, Ve, Fe		Mg, S
Mininco	P, K, Mg	N		Fe, S, B, Ve, Cu
Nahuelbuta	Cu		P, N	Fe, Ve, Mg, B, S, K
Curanipe	N, P, Cu, Fe, K, Ve, Mg	B, S		
Santa Bárbara	P, N, Mg	Cu, S, B, K	Ve, Fe	

TABLA 11 Características de fertilidad de las diez series de suelo, deducidas del ensayo en macetas al inicio y término del ensayo.

Serie suelo	Deficiencias Término Ensayo			Suficiencias
	Graves	Intermedia	Leve	
Arenales	N, S, Fe, P, Cu	Ve, K		Mg, B
Coreo	N, S, Ve, P, K, Cu, Fe	Mg		B
Sta. Teresa	N, P, S, Fe		Ve, Cu	Mg, K, B
Cauquenes	N, P, K	B, Ve, Cu	Fe, S	Mg
Sn. Esteban	N, P	B, K		Fe, S, Ve, Mg, Cu
Collipulli	N, P, S, K		Mg, Ve, Cu, B	Fe
Mininco	N, P, K, Fe, S, Ve	Cu	B, Mg	
Nahuelbuta	N, P	Cu, S, K		Ve, Fe, Mg, B
Curanipe	N, P, Cu, K, B	S, Fe, Ve, Mg		
Santa Bárbara	N, P, Ve, K, Fe	Cu, S, B, Mg		

Analizados los suelos se observa que el nitrógeno es la carencia más importante en casi la mayoría de las series al inicio del ensayo, confirmando lo expresado por Chaminade, citado por Araos (1967), con relación a que los tratamientos sin nitrógeno con esta técnica producen rendimientos muy pequeños que rápidamente se hacen nulos. Esto es ratificado por Valenzuela (1985), Duarte (1987) y Reveco (1989).

Por otra parte el fósforo es la segunda carencia más importante, puesto que al finalizar el ensayo se hace presente al igual que el nitrógeno en la totalidad de las series en estudio.

Potasio y fierro aparecen con cierta regularidad como nutrimentos limitantes en las series estudiadas presentándose en seis y cinco de ellas respectivamente.

Llama la atención que para la serie Arenales no se manifieste ninguna carencia al inicio del ensayo, lo que podría deberse a una adición innecesaria en la fórmula de fertilización completa. Sin embargo esta condición no se mantiene en el transcurso del ensayo puesto que las altas velocidades de agotamiento experimentada por los distintos nutrimentos hace que varios de ellos se transformen rápidamente en deficitarios.

Coreo se presenta como la serie más pobre, presentando para todos los nutrimentos ensayados una deficiencia grave al inicio del ensayo, las cuales se mantienen o se acentúan a

mayor uso del suelo, con excepción del boro y magnesio que por poseer velocidades de agotamiento positivas dichas carencias se ven subsanadas.

De acuerdo a las TABLAS 10 y 11 se puede inferir que de las series estudiadas las más carenciales o que presentan una mayor cantidad de deficiencias al término del ensayo son las series Coreo, Santa Bárbara, Mininco, Curanipe y Arenales.

A pesar de que en algunas series se presenta como una deficiencia grave el tratamiento -Ve (cinc, manganeso y molibdeno), no es posible determinar cual o cuales de los nutrimentos componentes de este tratamiento es el que esta causando dicha deficiencia.

En casi todas las series de suelos (excepto Arenales), el magnesio presenta velocidades de agotamiento positivas lo que indica que su deficiencia es mucho más importante al momento del establecimiento, necesitándose prioritariamente abonaduras de corrección en las series en que se presente su deficiencia.

Especial atención merece la no detección generalizada mediante este método de la deficiencia de boro en las series estudiadas, lo que se debe a la inclusión del riego y al bajo requerimiento de la especie de este elemento.

## V CONCLUSIONES.

1. Todas las series de suelos analizadas de la VIII Región presentan problemas de fertilidad.
2. Las mayores velocidades de agotamiento las presentan el nitrógeno y el fósforo.
3. A un uso intensivo del suelo en todas las series estudiadas se presentan como deficiencia grave el nitrógeno y el fósforo.
4. Las mayores cantidades de deficiencias las presentan las series Coreo, Santa Bárbara, Mininco, Curanipe y Arenales.
5. La no detección de la deficiencia de boro se atribuye a la inclusión del riego en la metodología empleada y a la baja tasa de absorción de este elemento por parte de la especie utilizada.
6. A través de esta metodología es posible definir los elementos que debieran incluirse en futuros ensayos de campo.

## VI RESUMEN

Mediante el método Chaminade se realizó una prospección de fertilidad en suelos forestales de la VIII Región, cuyas series corresponden a: Arenales, Coreo, Santa Teresa, Cauquenes, San Esteban, Collipulli, Mininco, Nahuelbuta, Curanipe y Santa Bárbara. Los tratamientos ensayados fueron: Fertilización completa y fertilización completa menos un nutrimento: nitrógeno, fósforo, potasio, boro, azufre, magnesio, cobre, fierro y (cinc, manganeso, molibdeno).

A través de todo el ensayo se realizaron cuatro cortes a un cultivo en macetas de una planta indicadora (Lolium perenne x Lolium multiflorum), evaluando la deficiencia en función del porcentaje (%) de la producción de materia seca por maceta de los tratamientos de fertilización incompleta, en relación con el respectivo tratamiento de fertilización completa.

Los resultados obtenidos muestran que en general se trata de suelos de baja fertilidad.

Todas las series presentan deficiencias graves de uno o varios de los nutrimentos ensayados, siendo el nitrógeno, fósforo y potasio los que se presentan con mayor frecuencia.

A medida que se intensifica el uso del suelo, el nitrógeno y fósforo representan las carencias más importantes.

Las velocidades de agotamiento más intensas corresponden a nitrógeno, fósforo y azufre.

A través del diagrama de fertilidad es posible determinar o definir los elementos que podrían ser incluidos en programas de fertilización en ensayos de campo.



## SUMMARY

The Chaminade method was used to determine the nutrition status of 10 forest soils located in the 8th region in Chile: Arenales, Coreo, Santa Teresa, Cauquenes, San Esteban, Collipulli, Mininco, Nahuelbuta, Curanipe and Santa Barbara Series. The treatments were complete fertilization, 1 control, and 9 treatments where one nutrient element was left out of the complete fertilization (Nitrogen, phosphorus, potassium, boron, sulfur, magnesium, copper, iron y zinc-manganese-molybdenum).

*Lolium perenne* x *Lolium multiflorum* was seeded in containers and harvested 4 times during the whole trial. The nutrient deficiency was evaluated measuring the amount of dry matter harvested in each treatment compared with the treatment with complete fertilization.

The results indicate that most of the soils studied have a natural low fertility that when they were cultivated with *Lolium* spp. occurred important nutritional deficiencies, being nitrogen, phosphorus, sulfur and potassium the most severe deficiency. After each harvesting, because of the intensification of the use of soil, nitrogen and phosphorus are the most important deficiencies. But, the highest speed of depletion is for nitrogen, phosphorus and sulfur.

Through the fertility diagram it is possible to determine the nutrient elements that could be included in fertilization programs on the fields.

**VII BIBLIOGRAFIA**

1. ARAOS, FIGUEROA, JOSE FERNANDO. 1967. Estudios de deficiencias nutritivas en muestras superficiales de suelos de Ñuble. Agricultura Técnica, Chile, 27(1): 15-20.
2. BARROS R., R. Y REYES M, F. 1976. Caracterización y exploración de deficiencias nutritivas de tres suelos de arcilla negras de la provincia de Santiago. Santiago, Chile, Universidad de Chile, Facultad de Agronomía, 70p. (Tesis de grado)
3. CARRASCO P., P. 1984. Fertilización de pino radiata en Chile. Chile forestal 9(100):17-18.
4. CASTRO R., P. J. 1976. Exploración de deficiencias nutritivas en tres suelos aluviales de la provincia de Santiago (Series Santiago, Lo Herrera y Pirque). Santiago, Chile, Universidad de Chile, Facultad de Agronomía, 65p. (Tesis de grado)
5. DUARTE M-C, M. G. 1987. Diagnóstico de la fertilidad de los suelos forestales de la empresa Bosques de Chile Ltda. Chillán, Chile, Universidad de Concepción, Facultad de Ciencias Forestales, 81p. (Tesis de grado)

6. FUENTES M, M. V. 1983 Deficiencias de cobre en suelos Andeptos. Chillán, Chile, Universidad de Concepción, Escuela de Agronomía, 69p. (Tesis de grado)
7. REVECO THILE, CARLOS ALEJANDRO. 1989. Prospección de fertilidad de los suelos forestales de la Precordillera Andina de la VII Región. Chillán Chile, Universidad de Concepción, Facultad de Ciencias Agropecuarias y Forestales, Departamento de Ciencias Forestales. 71p. (Tesis de Grado).
8. SANCHEZ, A. Y MORALES, R. 1983 Las regiones de Chile espacio físico y humano económico. Santiago, Chile, Editorial Universitaria.
9. SCHENKEL S, GOTARDO, BAHERLE V., PEDRO, FLOODY A., TATIANA.Y GAJARDO M. MAURICIO. 1970. Exploración de deficiencias nutritivas con suelos en macetas. I. Experiencia preliminar. Agricultura técnica, Chile 30(3): 173-187.
10. SCHENKEL S, GOTARDO. Y BAHERLE V., P. 1971a Exploración de deficiencias nutritivas con suelos en macetas. II. Método usado. Agricultura Técnica, Chile 3(1):9-24.
11. SCHENKEL S, GOTARDO, PINO B., EDGARDO Y FLOODY A., TATIANA. 1971b. Exploración de deficiencias nutritivas con suelos en macetas III. Cálculo de

las líneas de fertilidad sobre el diagrama de fertilidad. Agricultura técnica, Chile 31(2):106-115.

12. SCHENKEL S., G. 1971c Evaluación de la fertilidad de un suelo, mediante la producción de materia seca en ensayos en maceta. I. Representaciones gráficas usadas. Turrialba, Costa Rica 21(3):253-262.
13. SCHENKEL S, G. 1971d Evaluación de la fertilidad de un suelo, mediante la producción de materia seca en ensayos de macetas. II. Diagrama de fertilidad. Turrialba, 21(3):263-271.
14. SCHENKEL S, G. Y MAURICIO GAJARDO M,. 1971e, Evaluación de la fertilidad de un suelo, mediante producción de materia seca en ensayos de macetas III. Fórmula de fertilización del abonamiento de corrección. Turrialba, Costa Rica 21(3): 272-279.
15. SCHENKEL S, G. PEDRO BAHERLE V, TATIANA FLOODY A, Y MAURICIO GAJARDO M. 1971f. Exploración de deficiencias nutritivas con suelos en macetas. IV. Macronutrientes, provincia de Malleco. Agricultura técnica, Chile 31(3): 129-135.
16. SCHENKEL S, G., PEDRO BAHERLE V., TATIANA FLOODY A., Y MAURICIO GAJARDO M,. 1971g. Exploración de

deficiencias nutritivas con suelos en macetas. V. Comportamiento de algunas fórmulas de fertilización, provincia de Malleco. Agricultura técnica, Chile 31(3):136-142.

17. SCHENKEL S, G., PEDRO BAHERLE V., TATIANA FLOODY A., Y MAURICIO GAJARDO M. 1971h. Exploración de deficiencias nutritivas con suelos en macetas. VI. Macronutrientes, provincia de Cautín. Agricultura técnica, Chile 31(4):169-181.
18. SCHENKEL S, G., PEDRO BAHERLE V., TATIANA FLOODY A., Y MAURICIO GAJARDO M. 1971i. Exploración de deficiencia nutritivas con suelos en macetas. VII. Comportamiento de algunas fórmulas de fertilización, provincia de Cautín. Agricultura técnica, Chile 31(4):181-191.
19. SCHENKEL S, G., PEDRO BAHERLE V., TATIANA FLOODY A., Y MAURICIO GAJARDO M,. 1972a. Exploración de deficiencias nutritivas con suelos en macetas. VIII. Macronutrientes, provincia de Valdivia, Agricultura técnica, Chile 32(1): 37-48. Enero - Marzo
20. SCHENKEL S, G., PEDRO BAHERLE V., TATIANA FLOODY A., Y MAURICIO GAJARDO M. 1972b. Exploración de deficiencias nutritivas con suelos en macetas. IX. Comportamiento de algunas fórmulas de fertilización, provincia de Valdivia. Agricultura

técnica, Chile 32(1):48-55.

21. SCHENKEL S, G., PEDRO BAHERLE V., TATIANA FLOODY A., Y MAURICIO GAJARDO M. 1972c. Exploración de deficiencias nutritivas con suelos en macetas. X. Macronutrientes, provincia de Osorno. Agricultura técnica, Chile 32(2):99-111.
22. SCHENKEL S, G., PEDRO BAHERLE V., TATIANA FLOODY A., Y MAURICIO GAJARDO M. 1973a. Exploración de deficiencias nutritivas con suelos en macetas. XI. Comportamiento de algunas fórmulas de fertilización, provincia de Osorno. Agricultura técnica, Chile 33(2):53-72.
23. SCHENKEL S, G., PEDRO BAHERLE V., TATIANA FLOODY A., Y MAURICIO GAJARDO M. 1973b. Exploración de deficiencias nutritivas con suelos en macetas. XII. Macronutrientes, provincia de Llanquihue. Agricultura técnica, Chile 33(3):111-120.
24. SCHENKEL S, G., PEDRO BAHERLE V., TATIANA FLOODY A., Y MAURICIO GAJARDO M. 1973c. Exploración de deficiencias nutritivas con suelos en macetas. XIII. Comportamiento de algunas fórmulas de fertilización, provincia de Llanquihue. Agricultura técnica, Chile 33(3): 121-128.
25. SCHENKEL S, G., PEDRO BAHERLE V., TATIANA FLOODY A., Y MAURICIO GAJARDO M. 1973d. Exploración de

deficiencias nutritivas con suelos en macetas.  
XIV. Macronutrientes, provincia de Chiloé.  
Agricultura técnica, Chile 33(4): 214-224.

26. SCHENKEL S, G., PEDRO BAHERLE V., TATIANA FLOODY A., Y MAURICIO GAJARDO M. 1974a. Exploración de deficiencias nutritivas con suelos en macetas.  
XV. Comportamiento de algunas fórmulas de fertilización, provincia de Chiloé. Agricultura técnica, Chile 34(1):19-29.
27. SCHENKEL S, G., PEDRO BAHERLE V., TATIANA FLOODY A., Y MAURICIO GAJARDO M. 1974b. Exploración de deficiencias nutritivas con suelos en macetas.  
XVI. Macronutrientes, provincia de Magallanes, continente. Agricultura técnica, Chile 34(2):68-83.
28. SCHENKEL S, G., PEDRO BAHERLE V., TATIANA FLOODY A., Y MAURICIO GAJARDO M. 1974c. Exploración de deficiencias nutritivas con suelos en macetas.  
XVII Comportamiento de algunas fórmulas de fertilización, provincia de Magallanes, continente. Agricultura técnica, Chile 34(3):116-136.
29. SCHENKEL S, G., PEDRO BAHERLE V., TATIANA FLOODY A., Y MAURICIO GAJARDO M. 1974d. Exploración de deficiencias nutritivas con suelos en macetas.  
XVIII. Macronutrientes, provincia de Aisén. Agricultura técnica, Chile 34(4): 189-200.

30. SCHENKEL S, G., PEDRO BAHERLE V., TATIANA FLOODY A., Y MAURICIO GAJARDO M. 1975. Exploración de deficiencias nutritivas con suelos en macetas. XIX. Comportamiento de algunas fórmulas de fertilización, provincia de Aisén. Agricultura técnica, Chile 35(1):15-25.
31. SCHENKEL S, G., PEDRO BAHERLE V., HORACIO FLOODY A., Y MAURICIO GAJARDO M. 1980. Exploración de deficiencias nutritivas con suelos en macetas. XX. Macronutrientes, provincia de Bio-Bio. Agricultura técnica, Chile 40(3):111-129.
32. SCHENKEL S, G., PEDRO BAHERLE V., HORACIO FLOODY A., Y MAURICIO GAJARDO M. 1982a. Exploración de deficiencias nutritivas con suelos en macetas. XXI. Comportamiento de algunas fórmulas de fertilización, provincia de Bio-Bio. Agricultura técnica, Chile 42(1):31-54.
33. SCHENKEL S, G., PEDRO BAHERLE V., HORACIO FLOODY A., Y MAURICIO GAJARDO M. 1982b. Exploración de deficiencias nutritivas con suelos en macetas. XXII. Macronutrientes, provincia de Arauco. Agricultura técnica, Chile 42(1): 31-54.
34. SCHENKEL S, G., PEDRO BAHERLE V., HORACIO FLOODY A., Y MAURICIO GAJARDO M. 1982c. Exploración de deficiencias nutritivas con suelos en macetas.

XXIII. Comportamiento de algunas fórmulas de fertilización, provincia de Arauco. Agricultura técnica, Chile 42(2):85-104.

35. SCHENKEL S, G., PEDRO BAHERLE V., Y MAURICIO GAJARDO M. 1982f. Identificación de los micronutrientes deficientes con ensayos de maceta. III. Mediante Trifolium pratense en suelos de la provincia de Malleco. Agricultura técnica, Chile 42(4): 273-285
36. SCHENKEL S, G., PEDRO BAHERLE V., Y MAURICIO GAJARDO M. 1985. Identificación de micronutrientes deficientes con ensayos en macetas. IV. Mediante Trifolium pratense en suelos de la provincia de Arauco. Agricultura técnica, Chile 45(2):93-108.
37. VALENZUELA ACEVEDO, SERGIO ANIBAL. 1985. Prospección de fertilidad en suelos arenosos del sector Cholgúan-Canteras. Chillán, Chile, Universidad de Concepción, Facultad de Ciencias Forestales, Departamento de Ciencias Forestales, 116p.  
(Tesis de grado)
38. WILLIAMS, J. A., LEVEN, A. E. AND DREGNE, H. E. 1968. Relation of soil properties to Ponderosa pine production in Zuni Mountains, New Mexico IN: Oregon State University. Forest Soil Relations in North America. Corvallis, Oregon State University Press, pp.381-398.

VIII APENDICE



TABLA 1. Análisis de varianza para la producción de materia seca de la serie Arenales.

Fuente de variacion	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F.calculado 0,01	F
Entre Trat	10	7.413	0.741		
Error	22	2.746	0.123	5.94*	4,37
Total	32	10.159			

TABLA 2. Análisis de varianza para la producción de materia seca de la serie Coreo.

Fuente de variacion	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F.calculado 0,01	F
Entre Trat	10	9.542	0.954		
Error	22	2.858	0.130	7.34*	4,27
Total	32	12.400			

TABLA 3. Análisis de varianza para la producción de materia seca de la serie Santa Teresa.

Fuente de variacion	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F.calculado 0,01	F
Entre Trat	10	13.625	1.362		
Error	22	5.052	0.230	5.93*	4,37
Total	32	18.677			

\* Significativo al nivel de 0.01

TABLA 4. Análisis de varianza para la producción de materia seca de la serie Cauquenes.

Fuente de variacion	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F.calculado 0,01	F
Entre Trat	10	18.501	1.850		
Error	22	2.793	0.127	14.57*	4,37
Total	32	21.294			

TABLA 5. Análisis de varianza para la producción de materia seca de la serie San Esteban.

Fuente de variacion	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F.calculado 0,01	F
Entre Trat	10	11.624	1.162		
Error	22	4.982	0.226	5.13*	4.37
Total	32	16.606			

\* significativo a nivel de 0.01

TABLA 6. Análisis de varianza para la producción de materia seca de la serie Collipulli.

Fuente de variacion	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadradosme dios	F.calculado 0,01	F
Entre Trat	10	12.083	1.208		
Error	22	6.817	0.310	3.90**	2.8
Total	32	18.900			

\*\*Significativo al nivel de 0.05

TABLA 7. Análisis de varianza para la producción de materia seca de la serie Mininco.

Fuente de variacion	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F.calculado 0,01	F
Entre Trat	10	15.001	1.500		
Error	22	1.578	0.072	20.92*	4.37
Total	32	16.579			

TABLA 8. Análisis de varianza para la producción de materia seca de la serie Nahuelbuta.

Fuente de variacion	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F.calculado 0,01	F
Entre Trat	10	14.990	1.499		
Error	22	4.974	0.226	6.63*	4.37
Total	32	19.964			

TABLA 9. Análisis de varianza para la producción de materia seca de la serie Curanipe.

Fuente de variacion	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F.calculado 0,01	F
Entre Trat	10	18.628	1.863		
Error	22	2.821	0.128	14.53*	4.37
Total	32	21.449			

\* significativo a nivel de 0.01

TABLA 10. Análisis de varianza para la producción de materia seca de la serie Santa Bárbara.

Fuente de variacion	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F.calculado 0,01	F
Entre Trat	10	11.984	1.198		
Error	22	3.523	0.160	7.48*	4,37
Total	32	15.507			

\* significativo a nivel de 0.01

