

UNIVERSIDAD DE CONCEPCION
FACULTAD DE CIENCIAS FORESTALES
DEPARTAMENTO DE SILVICULTURA



DESARROLLO DE NORMAS DRIS PARA EL DIAGNOSTICO NUTRICIONAL
DE PLANTACIONES DE Pinus radiata D. Don.

POR

PAMELA VERONICA SALAZAR SOTO

MEMORIA DE TITULO
PRESENTADA A LA FACULTAD
DE CIENCIAS FORESTALES DE
LA UNIVERSIDAD DE CONCEPCION
PARA OPTAR AL TITULO DE
INGENIERO FORESTAL.

CONCEPCION-CHILE
1996

U N I V E R S I D A D D E C O N C E P C I O N
FACULTAD DE CIENCIAS FORESTALES
DEPARTAMENTO DE SILVICULTURA

DESARROLLO DE NORMAS DRIS PARA EL DIAGNOSTICO NUTRICIONAL
DE PLANTACIONES DE Pinus radiata D. Don ESTABLECIDAS.



POR

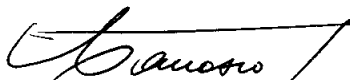
PAMELA VERONICA SALAZAR SOTO

MEMORIA DE TITULO
PRESENTADA A LA FACULTAD
DE CIENCIAS FORESTALES DE
LA UNIVERSIDAD DE CONCEPCION
PARA OPTAR AL TITULO DE
INGENIERO FORESTAL.

CONCEPCION-CHILE
1996

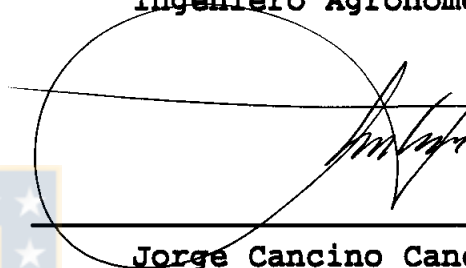
DESARROLLO DE NORMAS DRIS PARA EL DIAGNOSTICO NUTRICIONAL
DE PLANTACIONES DE Pinus radiata D. Don.

Profesor Asesor




Pedro Carrasco Peña.
Profesor Asociado
Ingeniero Agrónomo

Profesor Co-Asesor



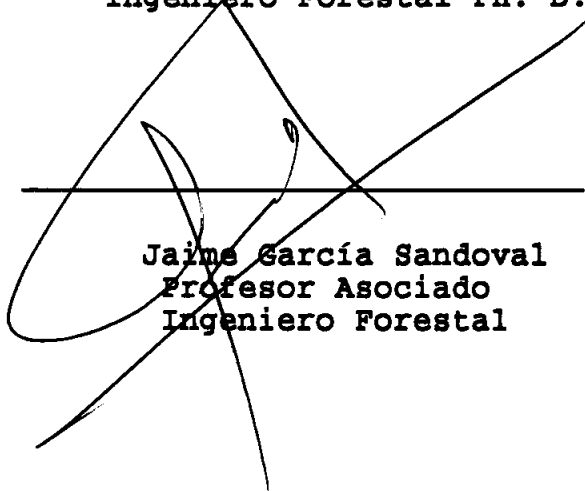
Jorge Cancino Cancino
Profesor Asistente
Ingeniero Forestal Ms. Sc.

Director Departamento
de Silvicultura



Miguel Espinosa Bancalari
Profesor Asociado
Ingeniero Forestal Ph. D.

Decano Facultad de
Ciencias Forestales



Jaime García Sandoval
Profesor Asociado
Ingeniero Forestal



A mis Padres.

AGRADECIMIENTOS

Deseo expresar mis agradecimientos a:

- Sr. Iván Vidal, Director del Departamento de Suelos de la Facultad de Agronomía de la Universidad de Concepción, por su colaboración y gentileza al facilitarme información esencial en el desarrollo de este trabajo.

- Sr. Jorge Cancino, Profesor del Departamento de Manejo de Bosques y Medio Ambiente de la Facultad de Cs. Forestales de la Universidad de Concepción, por su valiosa cooperación, y por sus acertadas observaciones.

- Sr. Pedro Carrasco, Profesor del Departamento de Silvicultura de la Facultad de Cs. Forestales de la Universidad de Concepción, por su constante estímulo y su buena disposición.

A todos quienes, en variadas formas me apoyaron y colaboraron, haciendo posible el buen término de esta tarea.

INDICE DE MATERIAS

| CAPITULOS | PAGINA |
|--|--------|
| I INTRODUCCION..... | 1 |
| II REVISION BIBLIOGRAFICA..... | 3 |
| III MATERIALES Y METODOS..... | 10 |
| 3.1 Materiales..... | 10 |
| 3.1.1 Descripción del muestreo..... | 10 |
| 3.2 Metodología..... | 12 |
| 3.2.1 Comparación con niveles de referencia de Will..... | 12 |
| 3.2.2 Establecimiento de Normas e Indices DRIS..... | 13 |
| IV RESULTADOS Y DISCUSION..... | 19 |
| 4.1 Estado nutricional de las plantaciones de <u>Pinus radiata</u> D. Don, según pauta de Will..... | 19 |
| 4.2 Normas e índices DRIS | 20 |
| 4.2.1 Índice DRIS y Orden de Requerimiento Nutricional (ORN)..... | 22 |
| A) Orden de Requerimiento Nutricional para el grupo de suelos Arenosos..... | 24 |
| B) Orden de Requerimiento Nutricional para el grupo de suelos Arcillosos..... | 25 |

| | | |
|-------|---|----|
| C) | Orden de Requerimiento Nutricional para el grupo de suelos Metamórficos..... | 26 |
| D) | Orden de Requerimiento Nutricional para el grupo de suelos Sedimentarios Marinos..... | 27 |
| E) | Orden de Requerimiento Nutricional para el grupo de suelos Graníticos..... | 28 |
| F) | Orden de Requerimiento Nutricional para el grupo de suelos Derivados de Cenizas Volcánicas..... | 29 |
| 4.2.2 | Indice de Desbalance Nutricional (IDN)..... | 30 |
| 4.2.3 | Validación de Normas DRIS..... | 32 |
| V | CONCLUSIONES..... | 40 |
| VI | RESUMEN..... | 42 |
| | SUMMARY..... | 43 |
| VII | BIBLIOGRAFIA..... | 44 |
| | ANEXOS..... | 50 |
| | APENDICES..... | 55 |

INDICE DE TABLAS.

| TABLA N ° | | PAGINA |
|-----------|--|--------|
| | <u>En el Texto</u> | |
| 1 | Niveles de nutrientes en el follaje recomendados por Will, para indicar los estados nutricionales del <u>Pinus radiata</u> D. Don..... | 6 |
| 2 | Superficie total y plantada con <u>Pinus radiata</u> D. Don en la VIII región a Diciembre de 1988 y número de muestras por serie de suelo | 11 |
| 3 | Métodos de análisis para los diferentes Elementos. | 12 |
| 4 | Clasificación de los análisis foliares extraídos del proyecto suelos forestales de la VIII región de acuerdo a niveles de referencia de Will..... | 19 |
| 5 | Normas DRIS para <u>Pinus radiata</u> D.Don..... | 21 |
| 6 | Resumen del Orden de Requerimiento Nutricional por grupo de suelo..... | 30 |
| 7 | Relación de Índice de Sitio e Índice de Desbalance Nutricional (IDN) en <u>Pinus radiata</u> D.Don..... | 31 |
| 8 | Indices de Desbalance Nutricional (IDN) obtenidos con los resultados de los análisis foliares en el Estudio de dosis preventivas de Boro al establecimiento de la plantación en el predio Porvenir | 33 |
| 9 | Indices de Desbalance Nutricional (IDN) obtenidos con los resultados de los análisis foliares del Estudio de formas de aplicación y fuentes boratadas en plantaciones de 2 a 4 años en el predio Porvenir..... | 34 |

- 10 Indices DRIS de Boro obtenidos con los resultados de los análisis foliares del Estudio de formas de aplicación y fuentes boratadas en plantaciones de 2 a 4 años en el predio Porvenir..... 35
- 11 Indices de Desbalance Nutricional (IDN) obtenidos con los resultados de los análisis foliares del Estudio de fertilización fosfatada en rodales jóvenes en el predio Santa Marta 38

En Anexo

- 1A Promedio e incremento en altura, en las temporadas que se indican y porcentaje de crecimiento final de respuesta a la aplicación de Boro al establecimiento de la plantación en el predio Porvenir..... 52
- 2A Promedio e incremento en altura en las temporadas que se indica y porcentaje de crecimiento final de respuesta a la aplicación de fuentes y formas Boratadas en plantaciones de 2 a 4 años en el predio Porvenir..... 52
- 3A Promedio e incremento en altura en las temporadas que se indica y porcentaje de crecimiento final de respuesta a la fertilización fosfatada en rodales jóvenes en el predio Santa Marta..... 53

INDICE DE FIGURAS.

| FIGURA N ° | PAGINA |
|--------------------|--|
| <u>En el Texto</u> | |
| 1 | Orden de Requerimiento Nutricional en <u>Pinus radiata</u> D. Don para toda la población según el método DRIS..... 22 |
| 2 | Orden de Requerimiento Nutricional en <u>Pinus radiata</u> D. Don para el grupo de suelos Arenosos según en método DRIS..... 24 |
| 3 | Orden de Requerimiento Nutricional en <u>Pinus radiata</u> D. Don para el grupo de suelos Arcillosos según el método DRIS..... 25 |
| 4 | Orden de Requerimiento Nutricional en <u>Pinus radiata</u> D. Don para el grupo de suelos Metamórficos según el método DRIS..... 26 |
| 5 | Orden de Requerimiento Nutricional en <u>Pinus radiata</u> D. Don para el grupo de suelo Sedimentarios Marinos según el método DRIS..... 27 |
| 6 | Orden de Requerimiento Nutricional en <u>Pinus radiata</u> D. Don para el grupo de suelos Graníticos según el método DRIS..... 28 |
| 7 | Orden de Requerimiento Nutricional en <u>Pinus radiata</u> D. Don para el grupo de suelos Derivados Cenizas Volcánicas según el método DRIS..... 29 |
| 8 | Indices DRIS de Boro obtenidos con los resultados de los análisis foliares del estudio Dosis Preventivas de Boro al establecimiento de la plantación en el Predio Porvenir..... 32 |

- 9 Indices DRIS de los análisis foliares en el Estudio de respuesta a la fertilización Fosfatada en rodales jóvenes en el Predio Santa Marta al inicio del estudio 36
- 10 Indices DRIS de Fósforo obtenidos con los resultados de los análisis foliares del estudio Fertilización Fosfatada en rodales jóvenes en el predio Santa Marta..... 37



I INTRODUCCION.

Una de las principales condiciones para un buen crecimiento y desarrollo de cualquier especie y en particular de Pinus radiata D. Don, es la fertilidad del suelo, cuya principal función es la de proporcionar nutrimentos a las plantas.

Esta función no siempre ocurre en forma óptima, por lo que es necesario incorporar elementos por medio de la fertilización. Para realizar esta operación en forma adecuada es necesario disponer de una técnica de diagnóstico nutricional, mediante la cual poder determinar los elementos deficientes en el suelo y efectuar la corrección.

La técnica más utilizada en la actualidad, para el diagnóstico nutricional y para predecir la respuesta a la fertilización en cultivos perennes, es el análisis foliar (Oportu, 1986). En nuestro país, para la interpretación de éste análisis se utiliza la pauta de Will, que señala valores críticos para cada uno de los elementos; ésta fue elaborada en Nueva Zelandia y recomendado su uso en Chile por Adams

(1979). Su aplicación, sin embargo, presenta ciertas limitaciones, por lo que es necesario buscar otros métodos que ayuden a una mejor interpretación de los resultados de este análisis (González et al., 1983)

El presente estudio tiene como objetivos: a) Determinar las normas DRIS para estimar las necesidades nutricionales de las plantaciones adultas de Pinus radiata D. Don, establecidas en las diferentes series de suelo de la VIII región; b) Comparar los criterios de interpretación de los niveles nutricionales propuestos por Will (1978) y el Sistema Integrado de Diagnóstico y Recomendación (DRIS); y c) Validar el método DRIS en tres ensayos de fertilización establecidos por González et. al (1983).

II REVISION BIBLIOGRAFICA.

Esta revisión bibliográfica está estructurada reconociendo, en principio, la existencia de una condición típica de suelos forestales deficitarios. Desde esta perspectiva y ante la necesidad de corregir las deficiencias nutricionales de los suelos, se presentan los métodos de uso habitual para la determinación del estado nutricional, destacando las técnicas de análisis de tejidos. Posteriormente en un plano particular, se describe el método de análisis foliar y dos alternativas de interpretación de sus resultados, la primera a través de la comparación con la pauta de Will (1978) y la segunda mediante el Sistema Integrado de Diagnóstico y Recomendación (DRIS), que es en definitiva el procedimiento aplicado.

Generalmente, para evaluar la disponibilidad de nutrientes tanto en el medio como en la planta se recurre a uno o más de los siguientes métodos: Síntomas visuales, Plantas Indicadoras, Análisis de Campo, Análisis de Suelo, Cultivos

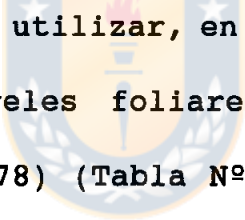
en Maceta y Análisis de Tejidos (Mead y Will, 1976; Daniel et al., 1980; González et al., 1983; Valenzuela, 1986; Schlatter y Gerding, 1993).

En la técnica de análisis de tejidos se usa material vegetal para medir la concentración de nutrientes; en éste se puede incluir material proveniente de peciolo, corteza, latex, floema, frutos o raicillas. El método de análisis de tejido de uso más frecuente es el análisis foliar, debido a que éste determina las concentraciones más representativas de los nutrientes en la planta (Bara, 1990).

La concentración de los elementos en el follaje de los árboles varía no sólo entre plantas, sino también por la edad del tejido, posición en la planta, concentración de otros nutrientes, condiciones de suelo y clima. Dada esta condición, para fines de diagnóstico, es necesario establecer pautas de muestreo; Schlatter et al. (1993) recomiendan utilizar el follaje que se desarrolla en el último período vegetativo, cuando las acículas ya presentan un desarrollo completo. Se aconseja, como época de muestreo, el período

Febrero-Marzo, ya que en éste los elementos nutritivos se mantiene relativamente estables.

Para la evaluación de los resultados del análisis foliar existen varias alternativas y una de las más comunes es la comparación con niveles de referencia de la concentración de elementos para una especie, asociado a distintos estados nutricionales (Schlatter et al., 1989).



Adams (1979) recomendó utilizar, en nuestro país, los valores de referencia de niveles foliares establecidos en Nueva Zelanda por Will (1978) (Tabla Nº 1), debido a que existe una gran similitud entre las condiciones ecológicas de crecimiento de la especie Pinus radiata D. Don de Chile y Nueva Zelanda; además de los problemas nutricionales comunes observados en ambos países. A pesar de esto, la pauta de Will presenta numerosas limitaciones para su uso práctico; por ejemplo, no señala la época de muestreo ni edad de árboles, no entrega información de sensibilidad a los elementos Cobre y Fósforo y no considera interacciones entre nutrientes (González et al., 1983)

TABLA N° 1 NIVELES DE NUTRIMENTOS EN EL FOLLAJE RECOMENDADOS POR WILL (1978) PARA INDICAR LOS ESTADOS NUTRICIONALES DE Pinus radiata D. Don

| Nutrientes | Estado nutricional del elemento | | |
|------------|---------------------------------|-------------|------------------------------|
| | Bajo (menor que) | Marginal | Satisfactorio (Mayor que) |
| | % materia seca | | |
| Nitrógeno | 1,20 | 1,20 - 1,50 | 1,50 |
| Fósforo | 0,12 | 0,12 - 0,14 | 0,14 |
| Potasio | 0,30 | 0,30 - 0,50 | 0,50 |
| Calcio | 0,10 | 0,10 | 0,10 |
| Magnesio | 0,07 | 0,07 - 0,10 | 0,10 |
| | ppm materia seca | | |
| Boro | 8,0 | 8,0 - 12,0 | 12,0 |
| Cobre | 2,0 | 2,0 - 4,0 | 4,0 |
| Zinc | 10,0 | 10,0 - 20,0 | 20,0 |
| Manganeso | 10,0 | 10,0 - 20,0 | 20,0 |

Fuente: Will (1978).

Existen otras metodologías para determinar niveles foliares óptimos asociando a estos el rendimiento relativo (Salinas, 1973; citado por Sánchez, 1991); entre estos está el método del Optimo Provisional Experimental consistente en establecer niveles foliares óptimos entre tres nutrientes, lo que se obtiene ordenando en forma ascendente los niveles foliares de cada nutriente; luego se subdivide en cinco clases asignándole a cada una su rendimiento relativo, tomando como base el mayor rendimiento obtenido. El nivel foliar óptimo

del nutriente será el promedio de la clase en que se presenta el mayor rendimiento.

Otro método, el de Relaciones Binarias de Homés, consiste en realizar una correlación lineal simple del tipo $Y=a+b*X$; donde Y es la relación binaria, X es el rendimiento Relativo en porcentaje, a y b son los coeficientes de la regresión. Una vez obtenida la regresión se ingresa a ésta el mayor rendimiento relativo en porcentaje, para obtener la relación binaria óptima (Salinas, 1973; citado por Pereira, 1991).

El Sistema Integrado de Diagnóstico y Recomendación (DRIS) fue desarrollado por Beaufils (1973; citado por Sumner et al., 1983). Consiste en un conjunto de normas o valores estándar que se usan para evaluar las relaciones entre nutrientes de una muestra foliar. Esta es una técnica de diagnóstico muy versátil ya que puede ser aplicada en cualquier cultivo, haciéndose particularmente beneficioso en cultivos perennes, donde se puede corregir una deficiencia durante el ciclo de crecimiento de la planta (Kopp y Burger, 1990).

El DRIS, a diferencia de otros métodos, incorpora el concepto de balance nutricional en el follaje y asume que el crecimiento y producción óptimos del cultivo, no sólo dependen de la cantidad de nutrientes sino también del balance entre estos (Walworth y Sumner, 1987).

A partir de los Índices DRIS se pueden obtener otros parámetros como el Orden de Requerimiento Nutricional (ORN) y el Índice de Desbalance Nutricional (IDN) (Sumner, 1986).

El ORN señala el orden en que los elementos son requeridos por la planta y se establece ordenando los Índices DRIS de menor a mayor (Davee et al., 1986).

El IDN señala el grado de desequilibrio nutricional que existe en la planta; a mayor IDN mayor será el desbalance y por lo tanto se esperaría un menor crecimiento (Medina, 1991).

El muestreo para aplicar el método DRIS se puede realizar en cualquier época del año, porque al considerar cocientes entre

concentraciones de nutrientes, reduce el impacto de los aumentos o disminuciones particulares en las concentraciones de los elementos (Ewalii y Gascho, 1984; Letzsch, 1985). Otro aspecto importante es que ordena los elementos nutricionales de acuerdo a las necesidades de la planta; así, el método permite efectuar el diagnóstico y recomendar los nutrientes a aplicar (Rathfon y Burger, 1991).



III MATERIALES Y METODO.

3.1 Materiales.

Los datos utilizados en este estudio corresponden a resultados de análisis foliares e Indices de Sitio de las plantaciones adultas de Pinus radiata D. Don (mayores de 15 años), obtenidos en el Proyecto Suelos Forestales de la VIII región, realizado por el Departamento de Ciencias Forestales de la Universidad de Concepción (Carrasco y Millán, 1990).

3.1.1 Descripción del Muestreo. En el proyecto mencionado, se confeccionó un mapa con la superficie total por series de suelo ubicadas en la VIII región; luego se elaboró un listado general de predios con plantaciones de Pinus radiata D. Don de acuerdo a información proporcionada por IREN-CORFO, CONAF y particulares, separando todas aquellas plantaciones que a Diciembre de 1988 tenían rodales de edad mayor a 15 años. Posteriormente, cada combinación de clase de edad/serie de suelo se consideró como un estrato. Se aplicó muestreo con

probabilidad proporcional al tamaño (P.P.T.), para determinar el número de predios a muestrear en cada estrato; posteriormente se seleccionó en forma aleatoria los predios que constituirían la muestra (Tabla N° 2).

TABLA N°2 SUPERFICIE TOTAL Y PLANTADA CON Pinus radiata D. Don Y NUMERO DE PREDIOS POR SERIE DE SUELO UBICADAS EN LA VIII REGION, A DICIEMBRE DE 1988.

| SERIE | Superficie Total | Número de Plantada | Rodales |
|--------------------|---------------------|-----------------------|------------|
| Colico (Clo) | 17.500 | 9.400 | 7 |
| Cobquecura (Kq) | 8.250 | 1.500 | 1 |
| Curanilahue (Che) | 21.250 | 13.000 | 6 |
| Santa Teresa (Tr) | 44.250 | 2.300 | 4 |
| Mininco (Mi) | 18.000 | 3.000 | 1 |
| Arenales (Ar) | 54.600 | 12.000 | 12 |
| Constitución (Kt) | 52.500 | 11.500 | 4 |
| Coreo (Co) | 74.700 | 40.000 | 12 |
| Collipulli (Cl) | 134.500 | 9.000 | 3 |
| Dunas (Du) | 87.800 | 16.000 | 2 |
| Curanipe (Cpe) | 209.600 | 26.000 | 17 |
| Nahuelbuta (Na) | 222.900 | 70.000 | 22 |
| Cauquenes (Cq) | 212.400 | 18.000 | 8 |
| San Esteban (Et) | 417.800 | 65.000 | 27 |
| Santa Bárbara (Ba) | 500.700 | 30.000 | 4 |
| Pedregales (Pe) | 8.200 | 5.200 | 2 |
| Total | 2.084.950 | 331.900 | 132 |

En cada rodal seleccionado se estableció un conglomerado de tres parcelas de 400 m² (20m*20m) en las que se midieron todos los árboles. En una de las parcelas se construyó una calicata para análisis de suelo; adyacente a la calicata se

seleccionó un árbol dominante para análisis de tallo y foliar. Los métodos utilizados en laboratorio para la determinación de nutrientes se muestran en la Tabla N° 3.

TABLA N°3 METODOS DE ANALISIS LOS DIFERENTES ELEMENTOS.

| ELEMENTO | METODO DE ANALISIS |
|-----------|--------------------------------------|
| Nitrógeno | Método Kjeldahl. |
| Fósforo | Digestión ácida colorimétrica. |
| Potasio | Fotometría en llama. |
| Calcio | Espectroscopía por absorción atómica |
| Magnesio | Espectroscopía por absorción atómica |
| Cobre | Espectroscopía por absorción atómica |
| Zinc | Espectroscopía por absorción atómica |
| Manganeso | Espectroscopía por absorción atómica |
| Boro | Azometina H. |

Para la validación de las Normas DRIS se emplearon los datos de análisis foliar de tres ensayos realizados por González et al. (1983), los que se describen en la metodología.

3.2 Metodología.

3.2.1 Comparación con niveles de referencia de Will (1978).

Los análisis foliares de las plantaciones adultas (mayores de 15 años) de Pinus radiata D. Don se separaron por serie de suelo y se compararon con los niveles recopilados por Will

(1978), clasificándolos en tres categorías de estado nutricional: satisfactorio (S), marginal (M) y bajo (B). En el análisis se consideraron 132 observaciones de las cuales se disponía de datos de análisis foliar e Índice de Sitio.

3.2.2 Establecimiento de Normas DRIS. Primero se dividió la población en alto y bajo Índice de Sitio mediante el método de Cate y Nelson (1971). El procedimiento consiste en ordenar los rodales según valores de Índice de Sitio de menor a mayor; luego se escogió el segundo valor de la lista como nivel crítico tentativo, se estableció una regresión lineal entre el Índice de Sitio y la variable X, que toma el valor 0 cuando el rodal tiene Índice de Sitio más alto que el nivel crítico y 1 cuando es menor que éste. El procedimiento se realiza en forma iterativa, incluyendo en cada iteración el siguiente valor de la lista como valor crítico tentativo. El valor de Índice de Sitio crítico es el que maximiza el coeficiente de determinación y separa la población en alto y bajo rendimiento. El programa utilizado en este procedimiento

fue realizado por el Departamento de Suelos de Facultad de Agronomía de la Universidad de Concepción (Anexo Nº 1).

Una vez establecida la división de las subpoblaciones se procedió a seleccionar las expresiones nutricionales; para ello en cada subpoblación se calculó la varianza de las razones N/P, P/N, P/K, K/P, y todas las razones entre elementos (72 razones en total). Luego se obtuvo la relación de varianza entre las dos subpoblaciones para cada expresión y se seleccionó aquella expresión que tenía la relación de varianza mayor.

Las Normas DRIS para plantaciones de Pinus radiata D. Don quedaron constituidas por los valores de las medias y coeficientes de variación de las expresiones seleccionadas de la población de alto Índice de Sitio. Luego se calcularon las funciones de cada una de las expresiones seleccionadas usando una de las fórmulas que se señalan a continuación dependiendo de si el valor de la muestra foliar (R/S) es mayor o menor que la correspondiente norma ($X_{R/S}$):

1. Si $R/S > X_{(R/S)}$ entonces:

$$f(R/S) = 100 \left[\frac{(R/S)}{X_{(R/S)}} - 1 \right] \frac{\kappa}{CV_{(R/S)}}$$

2. Si $R/S < X_{(R/S)}$ entonces:

$$f(R/S) = 100 \left[1 - \frac{X_{(R/S)}}{R/S} \right] \frac{\kappa}{CV_{(R/S)}}$$

Donde:

$f(R/S)$: función de los elementos R y S.

R/S : es la expresión de los nutrientes R y S.

$X_{R/S}$: es la media de la población de alto Índice de Sitio.

$CV_{R/S}$: es el coeficiente de variación de la población de alto Índice de Sitio.

K : es una constante, que se utiliza para asegurar que el índice DRIS sea entero (comúnmente y aquí $K=10$).

Los Índices DRIS de los nueve elementos se calcularon como la media de todas las funciones que contienen el elemento; si la función del elemento que se calcula está en el numerador se le da signo positivo y si está en el denominador se le da

signo negativo (Beaufils, 1973; citado por Jones et al. 1992). Para facilitar el cálculo de las funciones e índices se realizó un programa computacional (Apéndice N° 1).

El Orden de Requerimiento Nutricional (ORN) se determinó ordenando los índices DRIS de menor a mayor.

El Índice de Desbalance Nutricional (IDN) se obtuvo sumando los índices DRIS de todos los elementos, en valor absoluto:


$$IDN = \sum_{i=1}^n |DRIS_i|$$

Donde:

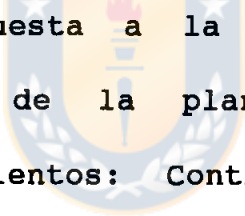
n : número de elementos analizados.

$DRIS_i$: es el Índice DRIS del i -ésimo elemento.

El IDN crítico se calculó sumando la media y la desviación estándar de todos los rodales (alto y bajo Índice de Sitio); con este valor se separó la población en dos grupos: con y sin desbalance nutricional; con el IDN crítico y el Índice de Sitio se separó la población en cuatro categorías, para


obtener el porcentaje de la población con problemas nutricionales (Davee et al., 1986; Medina, 1991).

Para validar las Normas DRIS para Pinus radiata D. Don se utilizaron tres ensayos de fertilización realizados por González et al. (1983); en estos se midieron alturas y se tomaron muestras para análisis foliar. Los ensayos se describen a continuación:

- 
- A) Ensayo de respuesta a la aplicación de Boro al establecimiento de la plantación, en el predio Porvenir. Tratamientos: Control, 1, 2 o 4 gr de Boro por planta, aplicado al hoyo.
- B) Ensayo de fuentes boratadas y forma de aplicación en plantaciones de 2 a 4 años, predio Porvenir. Tratamientos: Control, 4 gr Boronatrocalcita por planta al hoyo, 4 gr Bórax por planta al hoyo, 4 gr Boronatrocalcita por planta aplicado al voleo e incorporado alrededor de la planta, 4 gr de Bórax por planta aplicado al voleo e incorporado alrededor de la

planta, 4 gr de Boronatrocalcita por planta aplicado al voleo sin incorporación, 4 gr de Bórax por planta aplicado al voleo sin incorporación.

- C) Ensayo de respuesta a la fertilización fosfatada en rodales jóvenes, predio Santa Marta. Tratamientos: Control, Superfosfatotriple en dosis de 213, 426 y 851 Kg/ha aplicados al voleo en toda la superficie.



Se evaluó el efecto de los tratamientos sobre los Indices DRIS, el Índice de Desbalance Nutricional (IDN) y el incremento en altura. Se consideró validada la norma DRIS al obtener una disminución del IDN y diferencias significativas en el incremento en altura producto de una fertilización correcta. También se consideró validada la Norma cuando la fertilización no incluyó al elemento más requerido, según el ORN y como consecuencia se obtuvo un aumento del IDN sin existir diferencias significativas de los incrementos en altura.

IV RESULTADOS Y DISCUSION.

4.1 Estado nutricional de las plantaciones de Pinus radiata D. Don según la pauta de Will.

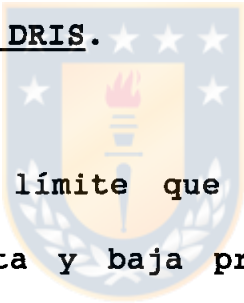
La clasificación de los resultados de los análisis foliares en los estados Satisfactorio (S), Marginal (M) y Bajo (B) de acuerdo con los niveles propuestos por Will (1978) se muestra a continuación (Tabla N°4).

TABLA N° 4 CLASIFICACION DE LOS ANALISIS FOLIARES EXTRAIDOS DEL PROYECTO SUELOS FORESTALES VIII REGION SEGUN PAUTA DE WILL.

| Elemento | Satisfactorio Nº (%) | Marginal Nº (%) | Bajo Nº (%) | Total |
|----------|-------------------------|--------------------|----------------|------------|
| N | 60 (45,1%) | 55 (41,1%) | 18 (13,5%) | 132 (100%) |
| P | 40 (30,1%) | 23 (17,3%) | 70 (52,6%) | 132 (100%) |
| K | 123 (92,5%) | 10 (7,5%) | 0 (0%) | 132 (100%) |
| Ca | 104 (78,2%) | 9 (6,8%) | 20 (15,0%) | 132 (100%) |
| Mg | 119 (89,5%) | 13 (9,8%) | 1 (0,8%) | 132 (100%) |
| B | 60 (45,1%) | 32 (24,1%) | 41 (30,8%) | 132 (100%) |
| Cu | 125 (95,0%) | 7 (5,1%) | 0 (0%) | 132 (100%) |
| Zn | 132 (100%) | 0 (0%) | 0 (0%) | 132 (100%) |
| Mn | 132 (100%) | 0 (0%) | 0 (0%) | 132 (100%) |

En la Tabla N° 4 se observa que en la mayoría de los rodales los elementos se presentan en un nivel satisfactorio, especialmente los elementos Manganese y Zinc. Lo contrario ocurrió con Fósforo, para el cual la mayoría de los rodales (52,6%) estuvieron en la categoría Bajo, seguido por Boro con un 30% de los casos.

4.2 Normas e Indices DRIS.



El Índice de Sitio límite que separó la población en subpoblaciones de alta y baja productividad fue 26,9 m, quedando 71 y 62 predios representativos de cada subpoblación respectivamente (Apéndice N° 2).

La media, desviación estándar, coeficiente de variación, varianza y relación de varianza, de N/P, P/N... etc, determinadas para cada una de las subpoblaciones se presentan en el Apéndice N° 3.

Las Normas DRIS, establecidas para Pinus radiata D.Don, se muestran en la Tabla N° 5 y corresponden a la media (μ) y coeficiente de variación (C.V. %) de la subpoblación de alto Índice de Sitio. Estos son los valores de referencia que se emplearon para calcular los Índices DRIS, el Orden de Requerimiento Nutricional (ORN) y el Índice de Desbalance Nutricional (IDN).

TABLA N° 5 NORMAS DRIS PARA Pinus radiata D.Don.

| RELACION NUTRIMENTOS | MEDIA μ | C.V. (%) | RELACION NUTRIMENTOS | MEDIA μ | C.V. (%) |
|-------------------------|----------------|-------------|-------------------------|----------------|-------------|
| N/P | 13,48 | 34,4 | Mg/K | 0,177 | 43,2 |
| N/K | 1,80 | 30,8 | Mg/Ca | 0,927 | 50,6 |
| Ca/N | 0,13 | 54,0 | Cu/Zn | 0,157 | 54,7 |
| Mg/N | 0,10 | 38,3 | Cu/Mn | 0,026 | 117,8 |
| P/K | 0,14 | 31,9 | B/Cu | 2,266 | 55,8 |
| Ca/P | 1,68 | 54,7 | Mn/Zn | 13,039 | 113,0 |
| Mg/P | 1,25 | 30,5 | B/Zn | 0,357 | 126,5 |
| Ca/K | 0,24 | 64,9 | Mn/B | 44,186 | 81,2 |
| Cu/N | 3,90 | 33,7 | N/Zn | 0,040 | 43,1 |
| N/Mn | 0,0064 | 107,8 | N/B | 8,546 | 58,1 |
| Cu/P | 51,26 | 45,6 | P/Zn | 0,0032 | 40,7 |
| Mn/P | 4242,57 | 85,3 | P/B | 0,0143 | 86,6 |
| Cu/K | 6,91 | 42,8 | K/Zn | 0,0233 | 37,9 |
| Mn/K | 567,07 | 91,0 | K/B | 0,0957 | 65,2 |
| Ca/Cu | 0,04 | 56,6 | Ca/Zn | 0,0052 | 78,6 |
| Ca/Mn | 0,0008 | 116,9 | Ca/B | 0,0213 | 87,3 |
| Mg/Cu | 0,0274 | 33,8 | Mg/Zn | 0,0039 | 46,3 |
| Mg/Mn | 0,0007 | 132,8 | Mg/B | 0,0173 | 91,4 |

4.2.1 Indices DRIS y Orden de Requerimiento Nutricional.

El Orden de Requerimiento Nutricional para la VIII región fue B,Ca,Mg,Mn,P,K=N,Zn,Cu en este orden. Boro es el elemento más requerido en un 72% de los predios, seguido por Calcio y Magnesio. Los elementos menos requeridos fueron Cu,Zn,N y K (Figura N° 1).

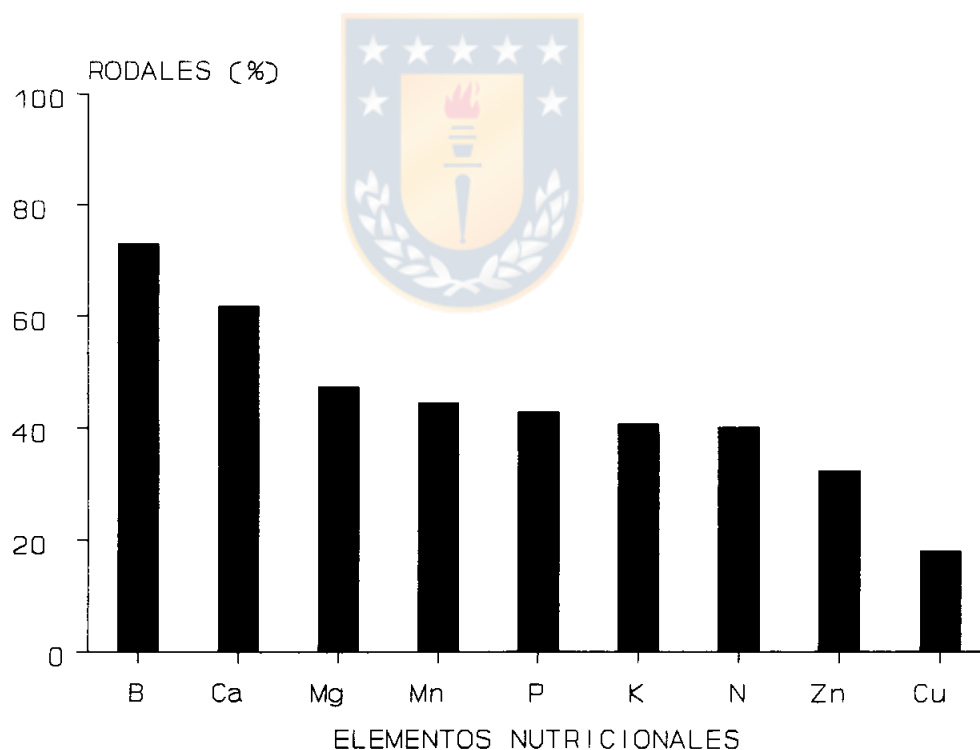



Figura N° 1 Orden de Requerimiento Nutricional en Pinus radiata D. Don para la VIII región, según método DRIS.

Los resultados obtenidos con los niveles de referencia de Will y el Sistema Integrado de Diagnóstico y Recomendación (DRIS) son diferentes. De acuerdo con la Pauta de Will (1978), el elemento más deficiente fue Fósforo y el segundo Boro; en cambio, con DRIS el Orden de Requerimiento Nutricional resultó ser $B > Ca > Mg > Mn > P > K = N > Zn > Cu$, según el cual, si bien ambos coinciden en Boro como deficiente, DRIS antepone Calcio, Magnesio y Manganeso a la necesidad de Fósforo.



En la situación de suficiencia nutricional, con la pauta de Will (1978) los elementos Zinc y Manganeso fueron los menos requeridos, en cambio, con el método DRIS $Cu > Zn > P > Mn$ fueron los elementos menos requeridos.

Al analizar los índices DRIS y Orden de Requerimiento Nutricional (ORN), por serie de suelo, varían las necesidades, incluso dentro de una misma serie. En las figuras N° 2 a N° 8 se muestra el Orden de Requerimiento Nutricional por grupo de suelo.

A) ORDEN DE REQUERIMIENTO NUTRICIONAL EN SUELOS ARENOSOS.

En este grupo de suelos se encuentran las series de suelo Arenales (Ar), Coreo (Co), Santa Teresa (Tr), Dunas (Du) y Pedregales (Pe). El Orden de requerimiento para este grupo fue $Mn > B > N > Ca > K = Zn$ (Figura N° 2), observándose que Manganeseo tiene un alto porcentaje de requerimiento, llegando casi al 100 %. El elemento menos requerido fue Mg un porcentaje cercano al 5% seguido de P, Cu, K y Zn.

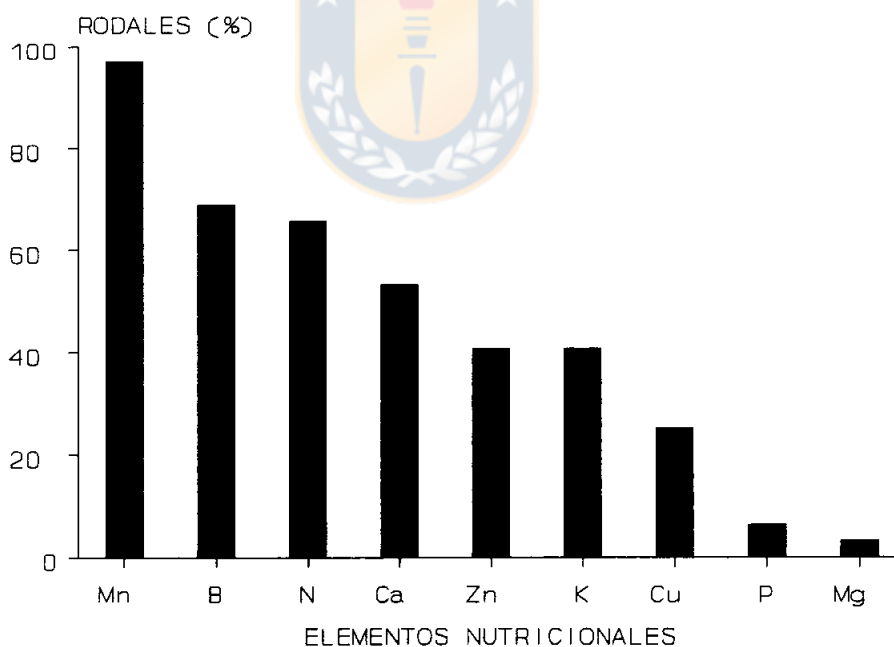


Figura N° 2 Orden de Requerimiento Nutricional en Pinus radiata D. Don para el grupo de suelos Arenosos, según método DRIS.

B) ORDEN DE REQUERIMIENTO NUTRICIONAL EN SUELOS ARCILLOSOS.

Este grupo está conformado por las series Collipulli (Cl) y Mininco (Mi). El Orden de Requerimiento Nutricional fue Boro y Potasio en igual orden de importancia (100% de las muestras), seguidos de Fósforo y Cobre (Figura N° 3); los elementos menos requeridos fueron Zn=Mn=Mg<Ca.

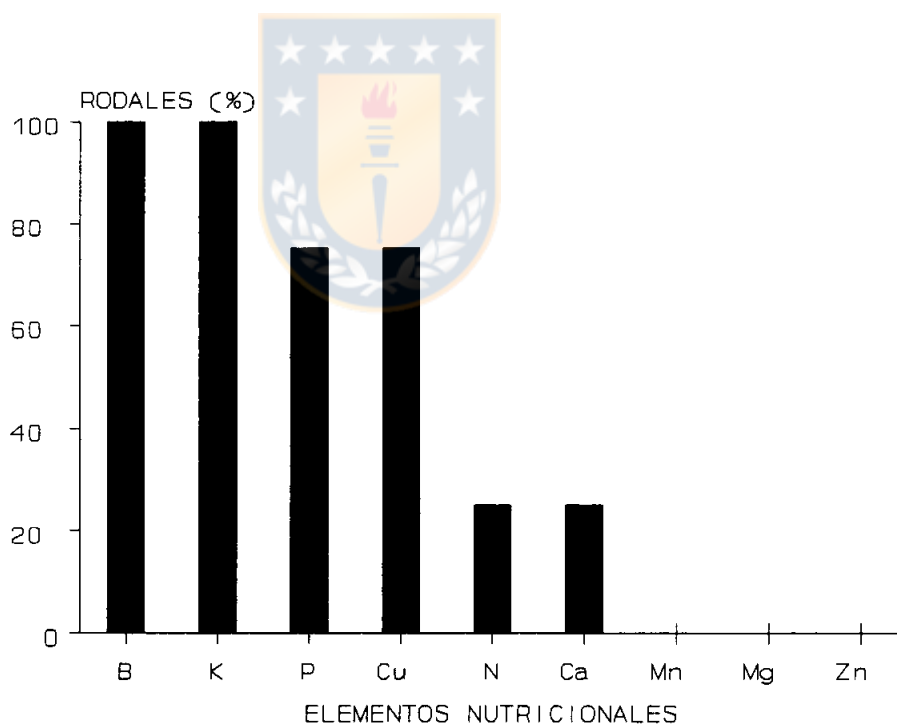


Figura N° 3 Orden de Requerimiento Nutricional en Pinus radiata D. Don para el grupo de suelos Arcillosos, según método DRIS.

C) ORDEN DE REQUERIMIENTO NUTRICIONAL EN SUELOS METAMORFICOS.

Este grupo lo conforman las series Constitución (Kt) y Nahuelbuta (Na). Los elementos más requeridos fueron Boro con un 88%, seguido por Calcio y Fósforo. El elemento menos requerido fue Cobre, seguido por Manganeso (Figura N° 4).

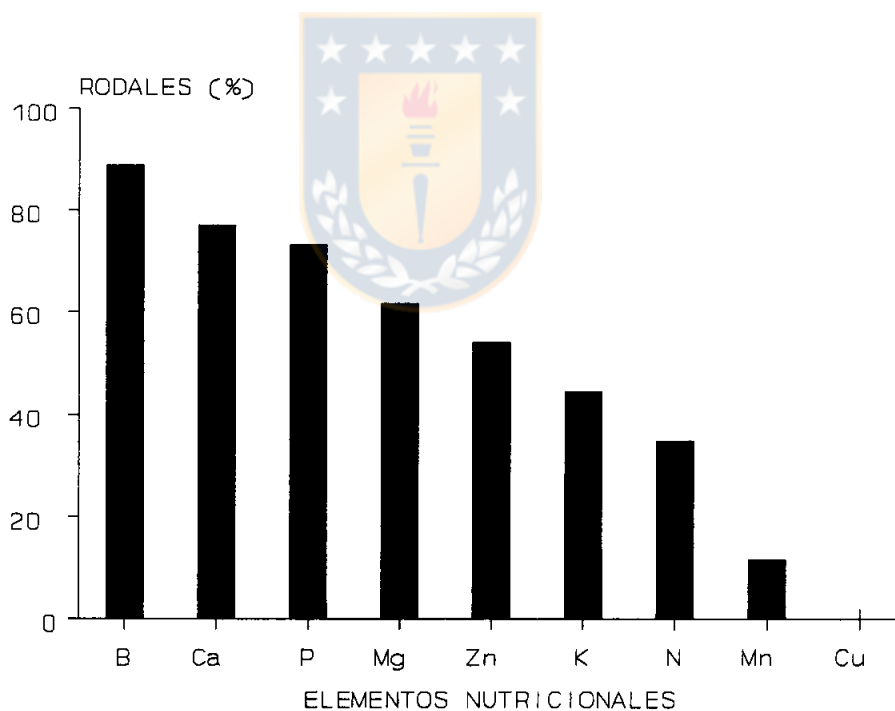


Figura N° 4 Orden de Requerimiento Nutricional en Pinus radiata D. Don para el grupo de suelos Metamórficos, según método DRIS.

D) ORDEN DE REQUERIMIENTO NUTRICIONAL EN SUELOS SEDIMENTARIOS MARINOS.

En este grupo, al que pertenecen las series Curanilahue (Che), Curanipe (Cpe), Cobquecura (Kq) y Colico (Clo), el orden de requerimiento fue Mg>B>Ca>P>N>K>Zn>Mn>Cu, teniendo en el Magnesio un porcentaje cercano al 90%. El elemento menos requerido fue Cobre, seguido de Manganeso y Zinc (Figura N° 5).

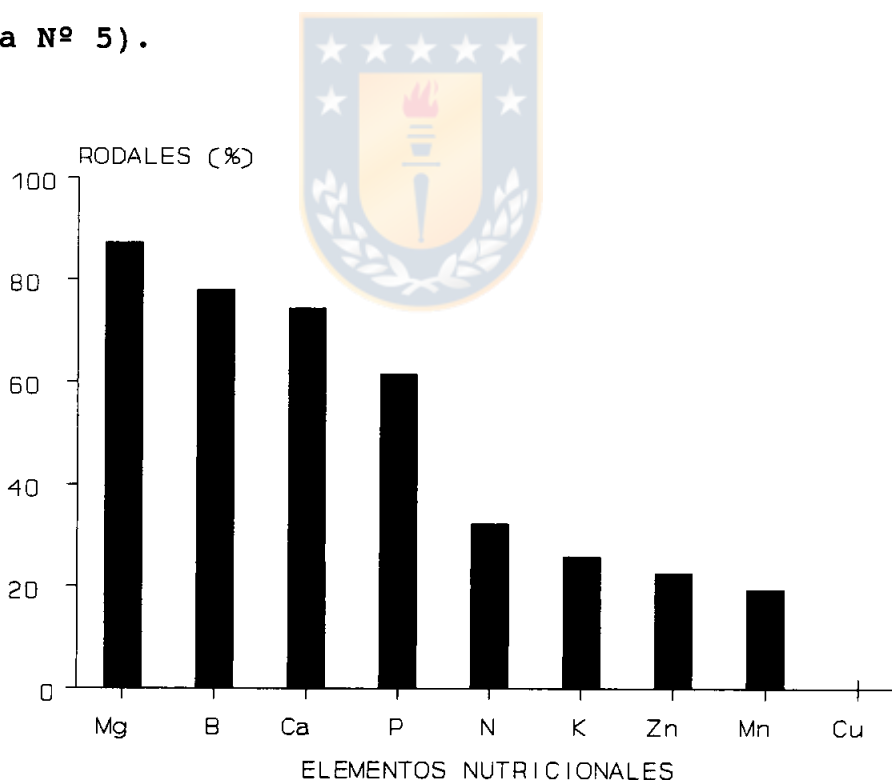


Figura N° 5 Orden de Requerimiento Nutricional en *Pinus radiata* D. Don para el grupo de suelos Sedimentarios Marinos, según método DRIS.

E) ORDEN DE REQUERIMIENTO NUTRICIONAL EN SUELOS GRANITICOS.

Las series que conforman este grupo son San Esteban (Et) y Cauquenes (Cq). Los elementos más requeridos fueron Boro y Calcio; los elementos menos requeridos fueron Zinc y Fósforo (Figura N° 6).

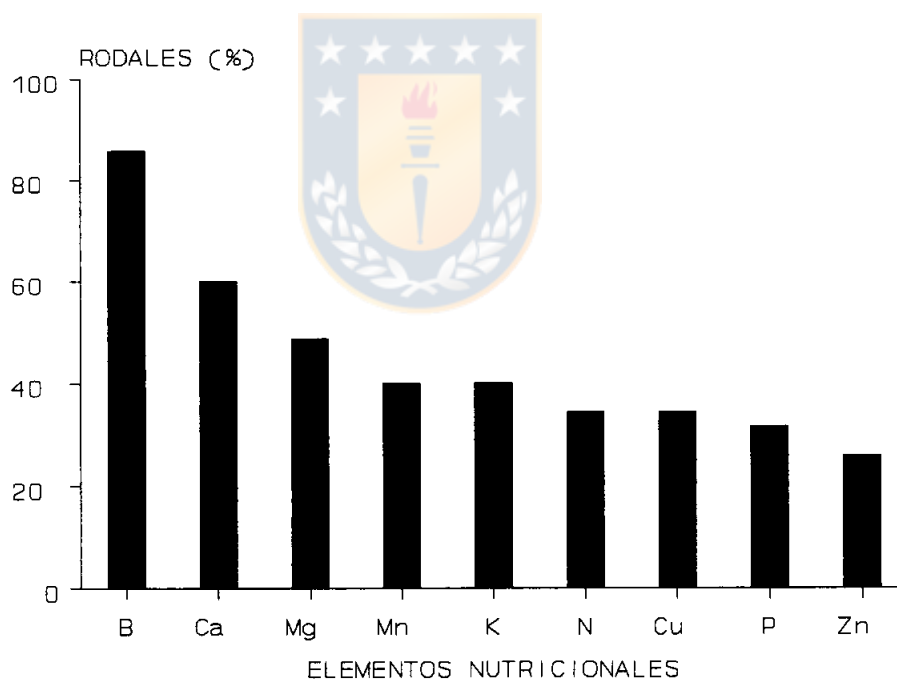


Figura N° 6 Orden de Requerimiento Nutricional en Pinus radiata D. Don para el grupo de suelos Graníticos, según método DRIS.

E) ORDEN DE REQUERIMIENTO NUTRICIONAL EN SUELOS DERIVADOS DE CENIZAS VOLCANICAS.

La serie de mayor importancia en este grupo es Santa Bárbara (Ba). El elemento más requerido fue Manganeso en el 100,0% de los rodales, seguido de Potasio y Fósforo en igual orden de importancia. El elemento menos requerido fue Zinc (Figura Nº 7).

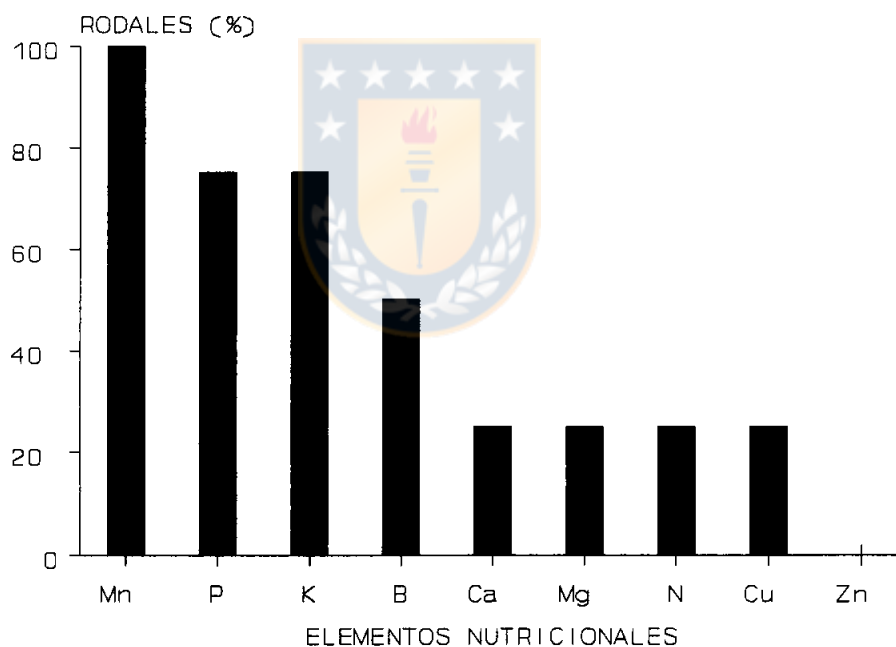


Figura Nº 7 Orden de Requerimiento Nutricional en Pinus radiata D. Don para el grupo de suelos Derivados de Cenizas Volcánicas, según método DRIS.

En la Tabla N° 6 se entrega un resumen del Orden de Requerimiento Nutricional por grupo de suelo.

TABLA N° 6 RESUMEN DE ORDEN DE REQUERIMIENTO NUTRICIONAL POR GRUPO DE SUELO.

| Grupo de suelo | Orden de Requerimiento Nutricional |
|-----------------------|---------------------------------------|
| Arenosos | Mn> B > N > Ca> K = Zn > Cu > P > Mg |
| Arcillosos | B = K > P = Cu> N = Ca > Mg = Mn = Zn |
| Metamórficos | B > Ca> P > Mg> Zn> K > N > Mn > Cu |
| Sedimentarios marinos | Mg> B > Ca> P > N > K > Zn > Mn > Cu |
| Graníticos | B > Ca> Mg> Mn= K > Cu = N > P > Zn |
| Cenizas volcánicas | Mn> K = P > B > N = Ca = Mg = Cu > Zn |

Independientemente del grupo de suelos los elementos Boro, Calcio y Fósforo son los más requeridos en los rodales muestreados. Los menos requeridos son los elementos Cobre y Zinc.

4.2.2 Indice de Desbalance Nutricional (IDN).

El Indice de Desbalance Nutricional crítico fue 109,3; sólo aquellos rodales con IDN mayor al crítico tienen desbalance

nutricional. Los estados nutricionales de los rodales establecidos con el IDN y el Índice de Sitio se presentan en la Tabla N° 7.

TABLA N° 7 ESTADO NUTRICIONAL DE LOS RODALES DE Pinus radiata D. Don ESTUDIADOS.

| PROBLEMA NUTRICIONAL | INDICE DE SITIO (m.) | IDN | RODALES | |
|----------------------|----------------------|---------|---------|-------|
| | | | Nº | % |
| NO | > 26,9 | < 109,3 | 56 | 42,0 |
| NO | > 26,9 | > 109,3 | 15 | 11,4 |
| SI | < 26,9 | > 109,3 | 16 | 12,1 |
| OTROS | < 26,9 | < 109,3 | 45 | 34,3 |
| TOTAL | | | 132 | 100,0 |

La clasificación de rodales por Índice de Sitio e IDN permite afirmar que en un 53,4% de los rodales no existen problemas nutricionales y son aquellos que tiene un Índice de Sitio mayor que 26,9; el 12,1 % de los rodales presenta problemas nutricionales, y son aquellos con un Índice de Sitio menor 26,9 y alto índice de desbalance nutricional. En el 34,3% de los rodales el crecimiento no se debe a problemas nutricionales y puede atribuirse a otras condiciones de sitio, como napas freáticas, estratas rocosas, condiciones de clima adversas u otras.

4.2.3 Validación de Normas DRIS.

A.- Ensayo de respuesta a la aplicación de Boro al establecimiento de la plantación Ensayo Predio Porvenir. Para este ensayo, la aplicación de Boro en dosis de 1, 2 y 4g. por planta, provocó un aumento los niveles foliares de Boro lo que se ve reflejado claramente en los Indices DRIS de Boro, con una disminución en los controles posteriores, producto de la evolución y pérdida del elemento (Figura N°8).

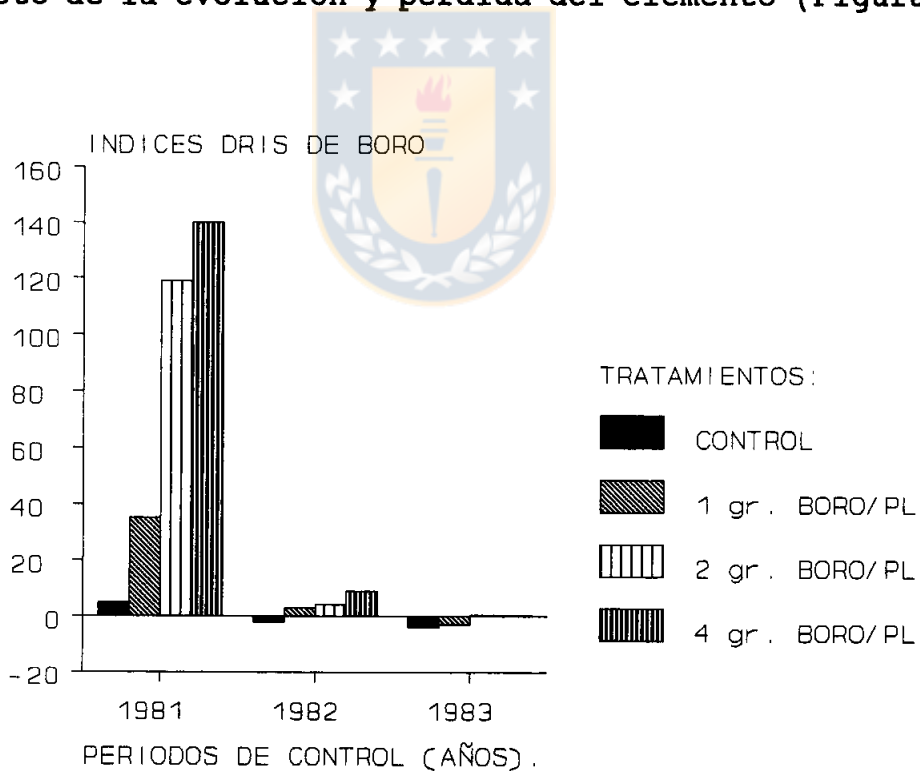


Figura N° 8 Indices DRIS de Boro obtenidos con los resultados de los análisis foliares del estudio Dosis preventivas de Boro al establecimiento de la plantación en el Predio Porvenir.

El Orden de Requerimiento Nutricional calculado para el inicio de este ensayo sobre el control, indicó que los nutrientes más requeridos fueron Potasio, Magnesio y Manganeso. Se observó en los Indices DRIS, que la aplicación de Boro coincidió con el aumento de las deficiencias de Potasio y Magnesio en tasas que determinaron el aumento del Índice de Desbalance Nutricional (Tabla N° 8). Esto explica el que no se registraran diferencias significativas en los incrementos de altura de las plantas entre tratamientos, para ninguno de los controles anuales (Tabla N° 1A).

TABLA N° 8 INDICES DE DESBALANCE NUTRICIONAL (IDN) OBTENIDOS CON LOS RESULTADOS DE LOS ANALISIS FOLIARES EN ESTUDIO DOSIS PREVENTIVAS DE BORO AL ESTABLECIMIENTO DE LA PLANTACION EN EL PREDIO PORVENIR.

| TRATAMIENTOS | Índice de Desbalance Nutricional | | |
|----------------------|----------------------------------|------|------|
| | 1981 | 1982 | 1983 |
| 1.- CONTROL | 104 | 146 | 113 |
| 2.- 1 g. Boro/planta | 279 | 141 | 119 |
| 3.- 2 g. Boro/planta | 592 | 129 | 104 |
| 4.- 4 g. Boro/planta | 719 | 154 | 117 |

Los indicadores del método DRIS (ORN e IDN), obtenidos en este estudio resultan congruentes con los obtenidos en el ensayo, lo que señala que estas normas son capaces de realizar diagnósticos nutricionales.

B.- Estudio de formas de aplicación y fuentes Boratadas en plantaciones de 2 a 4 años Ensayo Predio Porvenir. En este ensayo el Orden de Requerimiento Nutricional señaló que los elementos más requeridos en el testigo fueron Potasio, Magnesio y Boro en ese orden. Aún cuando existieron diferencias significativas en el incremento de altura de las plantas atribuidas a la aplicación de Boro, éste no llegó a resolver el problema de desbalance nutricional en forma directa, según lo demuestra el IDN, que se mantuvo estable (Tabla N° 9). La aplicación de Boro fue medianamente correcta por estar deficitario, pero no fue suficiente debido a la necesidad primera y persistente de los elementos Potasio y Magnesio.

TABLA N° 9 INDICES DE DESBALANCE NUTRICIONAL (IDN) OBTENIDOS RESULTADOS DE LOS ANALISIS FOLIARES DEL ESTUDIO FORMAS DE APLICACION Y FUENTES BORATADAS EN PLANTACIONES DE 2 A 4 AÑOS EN EL PREDIO PORVENIR.

| TRATAMIENTOS | 1981 | 1982 | 1983 |
|--------------|------|------|------|
| CONTROL | 198 | 194 | 133 |
| BNC H | 195 | 165 | 121 |
| BX H | 364 | 180 | 126 |
| BNC V.I. | 164 | 164 | 120 |
| BX V.I. | 153 | 147 | 122 |
| BNC V. | 203 | 135 | 115 |
| BX V. | 179 | 136 | 125 |

El Índice DRIS de Boro evolucionó de mayor a menor a través de los controles, logrando siempre un mayor valor en aquellos tratamientos que contenían Bórax comparado con Boronatrocalcita, en cualquier forma de aplicación (Tabla Nº 10), sugiriendo que la solución de Bórax fue incorporada más rápidamente que Boronatrocalcita. Al analizar la forma de aplicación, el Índice DRIS de Boro es explícito del nivel encontrado en la planta y éste tuvo los mayores valores en Bórax al hoyo y voleo incorporado respecto de aplicación al voleo.

TABLA Nº 10 INDICES DRIS DE BORO OBTENIDOS CON LOS RESULTADOS DE LOS ANALISIS FOLIARES DEL ESTUDIO DE FORMAS DE APLICACION Y FUENTES BORATADAS EN PLANTACIONES DE 2 A 4 AÑOS EN EL PREDIO PORVENIR.

| TRATAMIENTOS | 1981 | 1982 | 1983 |
|--------------|------|------|------|
| CONTROL | -5 | -10 | -6 |
| BNC H | -2 | -12 | -4 |
| BX H | 57 | 6 | 2 |
| BNC V.I. | 6 | -1 | 1 |
| BX V.I. | 19 | 3 | 1 |
| BNC V. | 1 | -3 | -2 |
| BX V. | 5 | -1 | -1 |

C.- Estudio de respuesta a la fertilización fosfatada en rodales jóvenes Ensayo Predio Santa Marta. El Orden de Requerimiento Nutricional para éste estudio mostró que los elementos más requeridos por las plantas, al inicio de este ensayo, fueron Magnesio, Calcio y Potasio en ese orden (Figura N° 9).

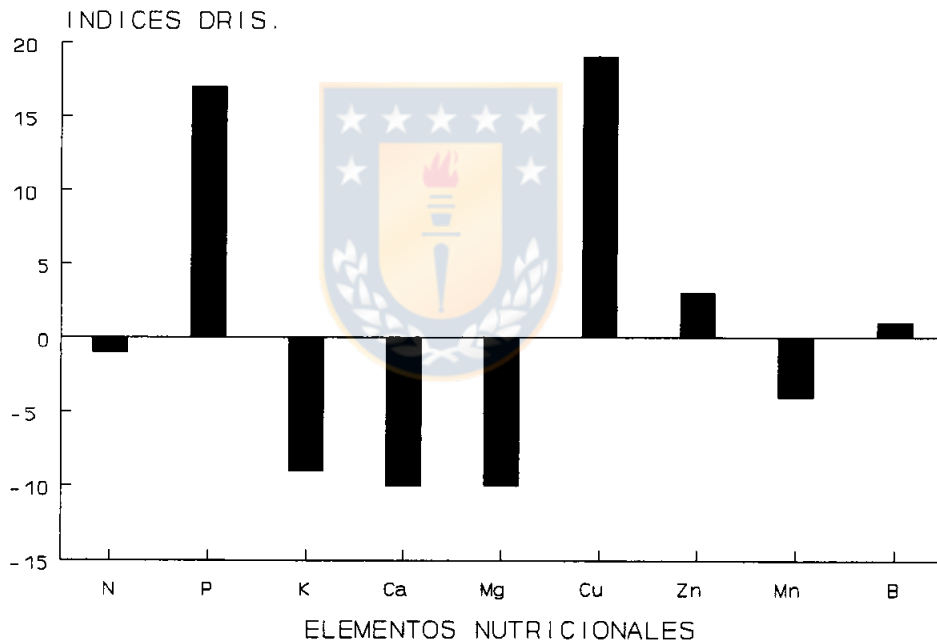


Figura N° 9 Índices DRIS de nueve elementos obtenidos con los resultados de los análisis foliares del estudio Fertilización fosfatada en rodales jóvenes en el predio Santa Marta al inicio del estudio.

Desde el inicio y después de la aplicación de Fósforo, el ORN lo ubicó siempre en el último lugar. Al observar los Indices DRIS obtenidos para Fósforo, estos se mantuvieron prácticamente estables, independiente del tratamiento aplicado y control, manifestando una suficiencia relativa de Fósforo (Figura N° 10).

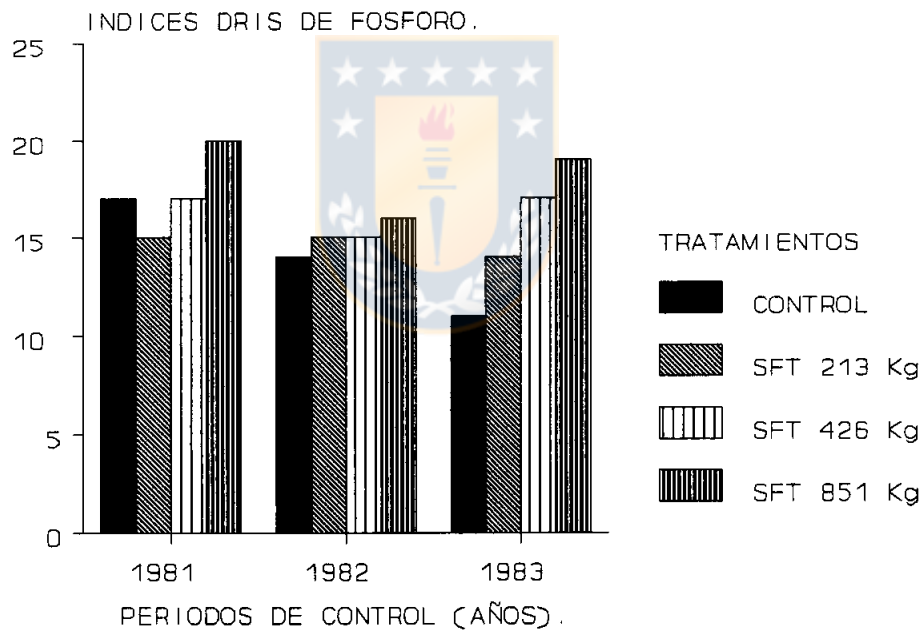


Figura N° 10 Indices DRIS de Fósforo obtenidos con los resultados de los análisis foliares del estudio Fertilización fosfatada en rodales jóvenes en el predio Santa Marta.

La fertilización fosfatada, en este caso, debe interpretarse como un desacierto, ya que como lo demuestra un Índice de Desbalance Nutricional estable, su aplicación resultó improductiva (Tabla N° 11).

TABLA N° 11 INDICES DE DESBALANCE NUTRICIONAL (IDN) OBTENIDOS RESULTADOS DE LOS ANALISIS FOLIARES DEL ESTUDIO FERTILIZACION FOSFATADA EN RODALES JOVENES EN EL PREDIO SANTA MARTA.

| TRATAMIENTOS | Indice de Desbalance Nutricional | | |
|----------------|----------------------------------|------|------|
| | 1981 | 1982 | 1983 |
| 1.- CONTROL | 59 | 72 | 56 |
| 2.- SFT 213 Kg | 52 | 66 | 57 |
| 3.- SFT 426 Kg | 55 | 60 | 59 |
| 4.- SFT 851 Kg | 58 | 62 | 71 |

En este ensayo no se encontraron diferencias significativas del incremento en altura (Tabla N°3A) atribuyéndose esta situación a que las necesidades nutricionales al inicio eran de Calcio, Magnesio y Potasio y no del elemento aplicado.

En síntesis, los indicadores del método DRIS dieron cuenta de lo sucedido en los tres ensayos expuestos. En consecuencia debe considerarse preliminarmente validado el método, ya que cuando se incorporó un elemento contradiciendo el ORN

calculado, aumentó el índice DRIS del elemento y se observó una respuesta nula en incremento y, sobre todo, aumentó el valor del IDN indicando un mayor desbalance en la planta.

En lo anterior se refleja la mayor ventaja del Sistema DRIS que incorpora los niveles de todos los elementos, considerando la interacción y balance entre ellos; además, permite ordenar los nutrientes de acuerdo a su orden de requerimiento.



V CONCLUSIONES.

1. De acuerdo con la pauta de Will, la mayor parte de los rodales tienen un nivel satisfactorio de la mayoría de los elementos, en particular Zinc y Manganeso. El estado nutricional bajo fue poco común, presentándose principalmente deficiencias de Fósforo y Boro.
2. Según el método DRIS, los elementos más requeridos en las plantaciones de Pino radiata D. Don, establecidas en la VIII región, son Boro, Calcio, Magnesio y Manganeso en ese orden.
3. El método DRIS demostró que las necesidades nutricionales son diferentes para cada serie de suelo e incluso dentro de cada serie.
4. El Sistema Integrado de Diagnóstico y Recomendación (DRIS) tiene una amplitud de aplicación mayor y una especificidad de los requerimientos nutricionales más alta que la pauta de Will.

5. La aplicación de las Normas DRIS a tres ensayos de fertilización, realizados por González et al. 1983, demostró la validez de estas para realizar diagnósticos nutricionales en plantaciones de Pinus radiata D. Don.



VI RESUMEN

Se utilizaron un total de 132 observaciones de análisis foliar de Pinus radiata D. Don, extraídas del Proyecto Suelos Forestales de la VIII región (Carrasco y Millán, 1990), con el propósito de establecer las normas del Sistema de Diagnóstico y Recomendación (DRIS), como alternativa para estimar el estado nutricional de las plantaciones. Producto de la aplicación de las Normas DRIS se obtuvo el Orden de Requerimiento Nutricional (ORN) y el Índice de Desbalance Nutricional (IDN), por serie de suelo. Según el ORN, las necesidades nutricionales variaron, incluso dentro de una misma serie, pero al agruparlas según material generador se observaron tendencias en el ORN las que se resumen en: Arenosos Mn>B>N; Arcillosos B=K>P=Cu; Metamórficos B>Ca>P>Mg; Sedimentarios Marinos Mg>B>Ca>P; Graníticos B>Ca>Mg>Mn; Cenizas Volcánicas Mn>K=P>B. El IDN límite fue 109. El 42,1% de la población muestreada sin problemas nutricionales, un 12,1% tiene problemas de ese tipo; en el 34,3% restante el bajo crecimiento fue atribuido a condiciones de sitio distintas a las nutricionales. Las Normas DRIS fueron validadas con tres ensayos de fertilización realizados por González et al., (1983); se concluyó que DRIS puede ser usado para realizar un diagnóstico nutricional en plantaciones de Pinus radiata D. Don.

SUMMARY

132 samples of the "Pinus radiata D. Don" foliage analysis, taken from the Forestry Soils Project in the VIII region (Carrasco y Millán, 1990), were in order to set the Standards of the Diagnose and Recommendation System (DRIS), as an alternative to analyze the plantations nutritional condition. By using the DRIS Standards, the Order of the Nutritional Requirement was obtained, as well as the Nutritional Umbalance Index (IDN) per series of soil. According to the ORN, the nutritional needs change, even within the same series, when they were grouped according to the generating material, some trends were observed in the ORN which can be summarized as follows: Sandy soils $Mn > B > N$; Claysh soils $B = K > P = Cu$; Metamorphic soils $B > Ca > P > Mg$; Marine Sedimentary soils $Mg > B > Ca > P$; Granitic soils $B > Ca > Mg > Mn$ and Volcanic ash soils $Mn > K = P > B$. The critical IDN was 109. The 42.1% of the population sampled did not have any nutritional problems, 12.1% did have; the 34.3% left showed that the low growth was attributed to the fact that the site conditions were different to the nutritional ones. The procedure of the DRIS analysis was validated with the data from three test performed by González et al. (1983) and it is posible to make a diagnosis nutrimental of the plantations Pinus radiata D. Don.

VII BIBLIOGRAFIA

Adams, J. A. 1979. Fertilización de plantaciones en Chile. Trabajo N° 19. Corporación Nacional Forestal, Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, Santiago, Chile. 58p.

Bara, S. 1990. Principios de Fertilización Forestal. Ed. Trilla. Barcelona, España. 110p.

Carrasco, P. y J. Millán, 1990. Proyectos Suelos Forestales de la VIII región. Informe final. Universidad de Concepción. Dep. Cs. Fores., Minis. de Agric. FIA. Chillán, Chile. 121p.

Cate, R.B. and L. Nelson. 1971. A simple statistical procedure for partitioning soil test correlation data into two classes. Soil Sci. Soc. Amer. Proc. 35: 658-660.

Daniel, R., V. Helms y F. Baker, 1980. Principios de Silvicultura. Mc Graw-Hill. Mexico. 492p.

Davee, D. E.; T.L. Righetti; E. Fallahi; S. Robbins. 1986. An evaluation of the DRIS approach for identifying mineral limitations on yield in Napolean Sweet Cherry. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 111:988-993.

Ewali, A.M.O.; G.J. Gascho.1984. Soil testing foliar analysis and DRIS as guide for sugarcane fertilization. Agron. J. 76: 466-470.

González G.; C. González; J. Millán; R. Escobar. 1983. Estudio de Fertilización en plantaciones de Pinus radiata; primeros resultados. Documento de Trabajo N° 51 Corporación Nacional Forestal, FAO, FO:DP/CHI/76/003. Santiago, Chile. 159p.

Jones, J., B. Wolf and H.A. Mills. 1992. Plant Analysis. Handbook.

Kopp, V.A.; J.A. Burger. 1990. Aplying Diagnosis And Recomendation Integrated System to Fraser Christmas trees. Soil Sci. Soc. Amer. J. 54:453-456.

Letzsch, W.S. 1985. Standardized Diagnosis and Recommedation Integrated System (DRIS) data banks. Commun. Soil. Sci. Plant. Anal. 15:841-848.

Mead A.; G. Will. 1976. Seasonal and between tree variation in the nutrient levels in Pinus radiata foliage. N. Z. J. For. Sci. 6:3-13.

Medina, M.C. 1991. Comparación de dos métodos de interpretación foliar en Nogal Pecanero (Caraya Illinois). Terra. 9: 69-78.

Oportu, V. G. 1986. Prospección de problemas nutricionales mediante análisis foliar en plantaciones de Pino insigne en el sector de Cholguán-Canteras. Tesis de grado. Universidad de Concepción, Fac. Cs. Agron. y Fores., Chillán, Chile. 78p.

Pereira, G. 1991. Fertilización Correctiva en Eucalyptus globulus. Tesis de grado. Universidad de Concepción, Fac. Cs. Fores., Chillán, Chile. 110p.

Rathfon, R. and J.A. Burger. 1991. Diagnosis and Recommendation Integrated System (DRIS) Nutrient Norms for Fraser Fir Christmas trees. For. Sci. 37:4.

Sánchez, O. Manuel. 1991. Fertilización de Apoyo en Eucalyptus globulus. Tesis de grado. Universidad de Concepción, Fac. Cs. Fores., Chillán, Chile. 127p.

Schlatter, J. R. Grez, V. Gerding. 1989. El análisis foliar y el análisis de suelo, métodos de diagnóstico en el sector forestal. Chile Forestal. Informe Técnico N°36. 8p.

Schlatter, J. y V. Gerding. 1993. Demandas nutritivas en plantaciones forestales. Curso Serie Técnica, Secretaría de Extensión y Difusión Forestal. Universidad Austral de Chile, Fac. Cs. Fores. Valdivia, Chile. 85p.

Schlatter, J., V. Gerding y J. Toro. 1993. Curso de Actualización sobre fertilización forestal demandas nutritivas en plantaciones forestales. Serie Técnica, Secretaría de Extensión y Difusión Forestal. Universidad Austral de Chile, Fac. Cs. Fores. Valdivia, Chile. 91p.

Sumner, M.E. 1986. Diagnosis and Recommendation Integrated System. DRIS as a guide to orchard fertilization. Ext. Bull N°231. Food and Fertilizer Technology Center. Georgia, USA.

Sumner, M.E.; R.B. Reneau; E.E. Schulte; J.O. Orugun 1983. Foliar Diagnosis Norms for Sorghum. Comm. soil Sci. Plan. Annal. 14: 817-835.

Valenzuela, A. 1986. Prospección de problemas de Fertilidad en suelos forestales del sector Cholguán-Canteras. Tesis de Grado. Universidad de Concepción, Fac. de Cs. Agrom. y For. Chillán, Chile. 116p.

Walworth, J.L. y M.E. Sumner. 1987. The diagnosis and recommendation integrated system (DRIS). *Adv S Sci* (6):149-188.

Will, G. 1978. Nutrient deficiencies in Pinus radiata in New Zealand . *N. Z. J. For. Sci.* 8:4-14.





A N E X O S

ANEXO N° 1
PROGRAMA PARA DIVIDIR LA POBLACION EN ALTO Y BAJO
RENDIMIENTO (LENGUAJE BASIC).

```

10 CLS
20 K=0
15 RM=0
20 PRINT:PRINT
30 INPUT "CUANTOS DATOS";NT
40 DIM X(NT),Y(NT),YA(NT),A(NT),YB(NT),B(NT),R2(NT)
50 PRINT
60 FOR I=1 TO NT
70 PRINT "DATOS #";I;"(X,Y)";.INPUT X(I),Y(I)
80 NEXT
85 PRINT;PRINT "ULTIMO X";TAB(13);"YA";TAB(26);"A";TAB(39);
  "YB";TAB(52);"B";TAB(65);"R2"
86 YG=0
87 FOR I=1 TO NT
88 YG=YG+Y(I):NEXT:YG=YG/NT
90 FOR N=2 TO NT-2
100 A=:B=0:C=0:YA=0:YB=0
110 FOR J=1 TO N
120 YA=YA+Y(J)
130 A=A+Y(J)*Y(J)
140 NEXT
150 A=A-YA*YA/N:C2=YA
160 YA=YA/N
170 FOR J=N+1 TO NT
180 YB=YB+Y(J)
190 B=B+Y(J)*Y(J)
200 NEXT
210 B=B-YB*YB/(NT-N):C2=C2+YB
220 YB=YB/(NT-N)
230 FOR J=1 TO NT
240 C=C+Y(J)*Y(J)
250 NEXT
260 C=C-C2*C2/NT
270 R2=(C-(A+B))/C
280 YA(N)=YA:A(N)=A:YB(N)=YB:B(N)=B:R2(N)=R2
290 IF RM<R2 THEN RM=R2:NM=N
300 NEXT
310 FOR I=2 TO NT-2
320 PRINT X(I);TAB(13);YA(I);TAB(26);A(I);TAB(39);YB(I);
  TAB(52);B(I);TAB(65);R2(I)
330 IF I=NM THEN PRINT"-----"
  "-----"
340 NEXT
350 PRINT
360 INPUT "IMPRIMIR (S/N)";A$

```

```
370 IF A$="S" OR A$="s" THEN 400
380 IF A$="N" OR A$="n" THEN END
390 GOTO 360
400 REM
450 LPRINT:LPRINT "ULTIMO X";TAB(13);"YA";TAB(26);"A";
    TAB(39);"YB"; TAB(52);"B";TAB (65);"R2"
460 FOR I=2 TO NT
470 LPRINT X(I);TAB(13);YA(I);TAB(26);A(I);TAB(39);YB(I);
    TAB(52); B(I); TAB(65);R2(I)
480 IF I=NM THEN LPRINT"-----"
    "-----"
490 NEXT
500 LPRINT
510 LPRINT "MEDIA POBLACION 1=YA=";YA(NM)
520 LPRINT "MEDIA POBLACION 2=YB=";YB(NM)
530 LPRINT "MEDIA GENERAL      =" ;YG
```



TABLA Nº 1 A PROMEDIO E INCREMENTO EN ALTURA EN LAS TEMPORADAS QUE SE INDICA Y PORCENTAJE DE CRECIMIENTO FINAL EN ENSAYO DE RESPUESTA A LA APLICACIÓN DE BORO AL ESTABLECIMIENTO DE LA PLANTACION EN PREDIO PORVENIR.

| TRATAMIENTO | ALTURA (cm) | | | INCREMENTOS (cm) | | |
|-------------------|-------------|------|------|------------------|-------|-------|
| | h 80 | h 81 | h 82 | 80-81 | 81-82 | 80-82 |
| 1. Control | 25.1 | 43.3 | 72.8 | 18.2 | 29.5 | 47.7 |
| 2. 1 gr. B/planta | 24.2 | 43.3 | 80.0 | 19.2 | 36.7 | 55.8 |
| 3. 2 gr. B/planta | 24.8 | 43.2 | 76.5 | 18.3 | 33.3 | 51.6 |
| 4. 4 gr. B/planta | 23.3 | 43.7 | 79.8 | 20.5 | 36.1 | 56.6 |
| F 0.05 | | | | n.s. | - | n.s |

n.s. no significativo

Fuente: González et al. (1983)

TABLA Nº 2 A PROMEDIO E INCREMENTO EN ALTURA EN LAS TEMPORADAS QUE SE INDICA Y PORCENTAJE DE CRECIMIENTO FINAL EN ENSAYO DE DEFICIENCIAS DE BORO EN PLANTACIONES DE 2 A 4 AÑOS EN PREDIO PORVENIR.

| TRATAMIENTO | ALTURA (cm) | | | INCREMENTOS (cm) | | |
|-------------|-------------|------|-------|------------------|-------|--------|
| | h 80 | h 81 | h 82 | 80-81 | 81-82 | 80-82 |
| 1. Control | 42.8 | 75.5 | 116.5 | 32.7 | 41.0 | 73.7 |
| 2. Bnc H | 43.5 | 76.0 | 116.3 | 32.5 | 35.3 | 67.8 |
| 3. Bx H | 48.2 | 86.8 | 142.2 | 38.6 | 55.4 | 94.0 |
| 4. Bnc V.I. | 37.2 | 82.8 | 144.0 | 46.6 | 60.2 | 108.8* |
| 5. Bx V.I. | 37.0 | 80.3 | 141.3 | 43.3 | 61.0 | 104.3* |
| 6. Bnc V. | 41.0 | 77.3 | 123.8 | 36.3 | 46.5 | 82.8 |
| 7. Bx V. | 42.5 | 83.5 | 136.8 | 41.0 | 53.3 | 94.2 |
| F 0.05 | | | | n.s. | | *sí |

* Diferencia significativa

Fuente: González et al. (1983)

TABLA N° 3 A PROMEDIO E INCREMENTO EN ALTURA EN LAS TEMPORADAS QUE SE INDICA Y PORCENTAJE DE CRECIMIENTO FINAL EN ENSAYO DE RESPUESTA A LA FERTILIZACION FOSFATADA EN RODALES JOVENES EN PREDIO SANTA MARTA.

| TRATAMIENTO | ALTURA (m) | | | INCREMENTOS (m) | | |
|-----------------|------------|------|------|-----------------|-------|-------|
| | h 80 | h 81 | h 82 | 80-81 | 81-82 | 80-82 |
| 1. Control | 4.34 | 6.08 | 8.40 | 1.74 | 2.32 | 4.06 |
| 2. SFT*, 213 kg | 4.60 | 6.46 | 8.88 | 1.86 | 2.42 | 4.28 |
| 3. SFT, 426 kg | 4.01 | 5.67 | 7.90 | 1.66 | 2.24 | 3.90 |
| 4. SFT, 851 kg | 4.31 | 6.09 | 8.52 | 1.78 | 2.43 | 4.21 |
| F 0.05 | | | | n.s. | - | n.s. |





APENDICE Nº 1
PROGRAMA PARA EL CALCULO DE INDICES DRIS (LENGUAJE BASIC).

```
10 %DIM M(36)
23 %LET M(1)=13.479
25 %LET M(2)=1.814
26 %LET M(3)=0.131
27 %LET M(4)=0.102
28 %LET M(5)=0.143
29 %LET M(6)=1.675
30 %LET M(7)=1.253
31 %LET M(8)=0.237
32 %LET M(9)=0.177
33 %LET M(10)=1.306
34 %LET M(11)=0.157
35 %LET M(12)=0.026
36 %LET M(13)=2.258
37 %LET M(14)=13.083
38 %LET M(15)=0.357
39 %LET M(16)=44.325
40 %LET M(17)=3.9074
41 %LET M(18)=0.0404
42 %LET M(19)=0.0064
43 %LET M(20)=8.5462
44 %LET M(21)=51.2652
45 %LET M(22)=0.0032
46 %LET M(23)=4242.57
47 %LET M(24)=0.0143
48 %LET M(25)=6.9195
49 %LET M(26)=0.0233
50 %LET M(27)=567.074
51 %LET M(28)=0.0957
52 %LET M(29)=0.0358
53 %LET M(30)=0.0052
54 %LET M(31)=0.0008
55 %LET M(32)=0.0213
56 %LET M(33)=0.0274
57 %LET M(34)=0.0039
```



58 %LET M(35)=0.0007
59 %LET M(36)=0.0173
60 %LET CV(1)=34.4
61 %LET CV(2)=30.8
62 %LET CV(3)=54.0
63 %LET CV(4)=37.0
64 %LET CV(5)=31.4
65 %LET CV(6)=55.0
66 %LET CV(7)=28.6
67 %LET CV(8)=64.6
68 %LET CV(9)=41.7
69 %LET CV(10)=47.8
70 %LET CV(11)=54.7
71 %LET CV(12)=117.4
72 %LET CV(13)=56.3
73 %LET CV(14)=113.4
74 %LET CV(15)=127.1
75 %LET CV(16)=81.5
76 %LET CV(17)=33.69
77 %LET CV(18)=43.08
78 %LET CV(19)=107.8
79 %LET CV(20)=58.09
80 %LET CV(21)=45.62
81 %LET CV(22)=40.70
82 %LET CV(23)=85.33
83 %LET CV(24)=86.63
84 %LET CV(25)=42.88
85 %LET CV(26)=37.91
86 %LET CV(27)=91.0
87 %LET CV(28)=65.23
88 %LET CV(29)=56.55
89 %LET CV(30)=78.58
90 %LET CV(31)=116.92
100 %LET CV(32)=87.28
101 %LET CV(33)=33.83
102 %LET CV(34)=46.28
104 %LET CV(35)=132.83
105 %LET CV(36)=91.43
176 %LET R(1)=E(1)/E(2)



```
177 %LET R(2)=E(1)/E(3)
178 %LET R(3)=E(4)/E(1)
179 %LET R(4)=E(5)/E(1)
180 %LET R(5)=E(2)/E(3)
181 %LET R(6)=E(4)/E(2)
182 %LET R(7)=E(5)/E(2)
183 %LET R(8)=E(4)/E(3)
184 %LET R(9)=E(5)/E(3)
185 %LET R(10)=E(4)/E(5)
200 %LET R(11)=E(6)/E(7)
210 %LET R(12)=E(6)/E(8)
230 %LET R(13)=E(6)/E(9)
240 %LET R(14)=E(8)/E(7)
241 %LET R(15)=E(9)/E(7)
242 %LET R(16)=E(8)/E(9)
243 %LET R(17)=E(6)/E(1)
244 %LET R(18)=E(1)/E(7)
245 %LET R(19)=E(1)/E(8)
246 %LET R(20)=E(9)/E(1)
247 %LET R(21)=E(6)/E(2)
248 %LET R(22)=E(2)/E(7)
249 %LET R(23)=E(8)/E(2)
250 %LET R(24)=E(2)/E(9)
251 %LET R(25)=E(6)/E(3)
252 %LET R(26)=E(3)/E(7)
253 %LET R(27)=E(8)/E(3)
254 %LET R(28)=E(3)/E(9)
255 %LET R(29)=E(4)/E(6)
256 %LET R(30)=E(4)/E(7)
257 %LET R(31)=E(4)/E(8)
258 %LET R(32)=E(4)/E(9)
259 %LET R(33)=E(5)/E(6)
260 %LET R(34)=E(5)/E(7)
261 %LET R(35)=E(5)/E(8)
262 %LET R(36)=E(5)/E(9)
280 %LET F(I)=1000*(R(I)/M(I)-1)/CV(I)
290 %IF R(I)<M(I) THEN %LET F(I)=1000*(1-M(I)/R(I))/CV(I)
```

```
310 %LET IN=(F(1)+F(2)-F(3)-F(4)-F(17)+F(18)+F(19)-F(20))/8
320 %LET IP=(-F(1)+F(5)-F(6)-F(7)-F(21)+F(22)-F(23)+F(24))/8
330 %LET IK=(-F(2)-F(5)-F(8)-F(9)-F(25)+F(26)-F(27)+F(28))/8
340 %LET ICa=(F(3)+F(6)+F(8)+F(10)+F(29)+F(30)+F(31)+F(32))/8
350 %LET IMG=(F(4)+F(7)-F(10)+F(9)+F(33)+F(34)+F(35)+F(36))/8
360 %LET ICU=(F(11)+F(12)-F(13)+F(17)+F(21)+F(25)-F(29)-F(33))/8
370 %LET IZN=(-F(11)-F(14)-F(15)-F(18)-F(22)-F(26)-F(30)-F(34))/8
380 %LET IMN=(-F(12)+F(14)+F(16)-F(19)+F(23)+F(27)-F(31)-F(35))/8
390 %LET IB=(F(13)+F(15)-F(16)+F(20)-F(24)-F(28)-F(32)-F(36))/8
410 %IF EOF THEN %GOTO 430
430 %STOP
```



APENDICE Nº2

VALORES DE R^2 POR RODAL PARA DIVIDIR LA POBLACIÓN DE ALTO Y
BAJO INDICE DE SITIO.

| POBLACION DE BAJO INDICE DE SITIO | | | | | |
|-----------------------------------|----------|-------|-------|------|--------|
| PREDIO | CALICATA | SERIE | RODAL | IS | R2 |
| Canteras | 305 | Pe | 56 | 5,4 | - |
| Canteras | 306 | Pe | 56 | 11,2 | 0,1475 |
| Canteras | 319 | Co | 72 | 16,6 | 0,1798 |
| Ranquil reserva | 100 | Cpe | 73 | 17,9 | 0,2113 |
| Don Hector | 27 | Et | 62 | 18,2 | 0,2324 |
| Canteras | 310 | Ar | 63 | 19,5 | 0,2554 |
| Las Mercedes | 254 | Co | 73 | 19,5 | 0,2773 |
| Chivilingo | 175 | Na | 65 | 19,8 | 0,3003 |
| Choque | 162 | Na | 70 | 19,9 | 0,3236 |
| Canteras | 316 | Co | 72 | 20,1 | 0,3458 |
| Mehir | 208 | Et | 66 | 20,7 | 0,3640 |
| Cruz de Piedra | 250 | Co | 67 | 20,9 | 0,3814 |
| Maria Angeles | 63 | Na | 70 | 20,9 | 0,3994 |
| Mala y los M | 148 | Et | 69 | 21,7 | 0,4122 |
| Santa Teresa | 332 | Et | 69 | 21,7 | 0,4256 |
| Los Litres | 244 | Co | 71 | 21,7 | 0,4393 |
| Cruz de Piedra | 256 | Ar | 73 | 21,8 | 0,4533 |
| Colcura | 171 | Na | 68 | 21,9 | 0,4667 |
| Don Hector | 29 | Cq | 63 | 22,2 | 0,4785 |
| Las Piedras | 253 | Co | 69 | 22,8 | 0,4868 |
| El Zarzal | 326 | Co | 66 | 22,9 | 0,4953 |
| Litre su | 248 | Ar | 69 | 23,1 | 0,5028 |
| Tapihue | 5 | Tr | 62 | 23,1 | 0,5108 |
| Pino Huacho | 137 | Et | 72 | 23,2 | 0,5181 |
| La mona | 325 | Ar | 68 | 23,3 | 0,5242 |
| Quidico | 101 | Cpe | 72 | 23,5 | 0,5308 |
| PALPAL 2 | 150 | Na | 65 | 23,6 | 0,5376 |
| Yane | 73 | Cpe | 72 | 23,6 | 0,5448 |
| Colicheu | 8 | Ar | 67 | 23,7 | 0,5522 |
| Quilachanqui | 98 | Clo | 68 | 23,8 | 0,5594 |
| Yane | 74 | Cpe | 72 | 24,2 | 0,5664 |
| Picolttue | 276 | Cl | 71 | 24,2 | 0,5714 |

| PREDIO | CALICATA | SERIE | RODAL | IS | R2 |
|--------------|----------|-------|-------|------|--------|
| Villa Alegre | 111 | Che | 73 | 24,3 | 0,5766 |
| Higuerillas | 345 | Ar | 70 | 24,3 | 0,5813 |
| Canteras | 317 | Co | 72 | 24,4 | 0,5863 |
| El Rubi | 173 | Na | 71 | 24,4 | 0,5915 |
| Denecan | 182 | Et | 68 | 24,5 | 0,5963 |
| El Rubi | 170 | Na | 71 | 25,0 | ,5984 |
| La reforma | 16 | Tr | 64 | 25,0 | ,6008 |
| Cuyinco | 133 | Na | 72 | 25,2 | 0,6036 |
| Quilamalve | 270 | Cl | 67 | 25,3 | 0,6119 |
| San José | 155 | Che | 69 | 25,4 | 0,6136 |
| El Tesoro | 168 | Clo | 56 | 25,4 | 0,6151 |
| Ranquil bajo | 120 | Cpe | 71 | 25,6 | 0,6168 |
| Chan-Chan | 143 | Na | 72 | 25,6 | 0,6178 |
| La Aguada | 15 | Co | 64 | 25,7 | 0,6190 |
| Don Hector | 28 | Cq | 63 | 25,7 | 0,6203 |
| Caramavida | 136 | Na | 72 | 25,7 | 0,6217 |
| Colicheu | 11 | Co | 68 | 25,8 | 0,6233 |
| Los Barros | 197 | Et | 68 | 25,8 | 0,6247 |
| Los Barros | 198 | Et | 69 | 25,9 | 0,6264 |
| La Reforma | 19 | Co | 66 | 25,9 | 0,6281 |
| Don Hector | 26 | Et | 62 | 25,9 | 0,6299 |
| Botacura | 38 | Cpe | 70 | 26,1 | 0,6334 |
| Los Pinos | 269 | Cl | 66 | 26,2 | 0,6349 |
| Descabezado | 88 | Na | 66 | 26,2 | 0,6362 |
| Coigos | 186 | Kt | 72 | 26,2 | 0,6378 |
| LLEU-LLEU | 145 | Na | 72 | 26,3 | 0,6395 |
| Mardoñal | 327 | Et | 69 | 26,5 | 0,6411 |
| Butamalal | 142 | Na | 73 | 26,5 | 0,6418 |
| San Luis | 275 | Mi | 67 | 26,6 | 0,6429 |

| PREDIO | POBLACION DE ALTO INDICE DE SITIO | | | | R2 |
|----------------|-----------------------------------|-------|-------|------|--------|
| | CALICATA | SERIE | RODAL | IS | |
| Membrillar | 227 | Ar | 63 | 26,9 | 0,6441 |
| meñir | 207 | Na | 66 | 27,0 | ,6434 |
| Las raices | 121 | Cpe | 70 | 27,3 | 0,6423 |
| Los llanos | 64 | Na | 68 | 27,4 | 0,6400 |
| Ranquilco | 128 | Cpe | 66 | 27,5 | 0,6376 |
| El Guindo | 112 | Che | 70 | 27,5 | 0,6349 |
| Quidico | 76 | Cpe | 70 | 27,6 | 0,6323 |
| Huillinco | 77 | Cpe | 71 | 27,6 | 0,6294 |
| Canteras | 312 | Co | 71 | 27,7 | 0,6262 |
| San Pedro | 209 | Et | 65 | 27,7 | 0,6233 |
| Los Barros | 199 | Et | 67 | 27,9 | 0,6198 |
| El Guanaco | 193 | Kt | 68 | 28,0 | ,6158 |
| Colicheu | 10 | Tr | 63 | 28,1 | 0,6118 |
| Pilpilco | 131 | Cpe | 58 | 28,2 | 0,6068 |
| Brasil | 321 | Ar | 69 | 28,3 | 0,6020 |
| El Tesoro | 169 | Clo | 56 | 28,3 | 0,5969 |
| Canteras | 314 | Ar | 60 | 28,5 | 0,5917 |
| Carmen Butamal | 141 | Na | 72 | 28,5 | 0,5866 |
| Maria de la | 62 | Na | 70 | 28,7 | 0,5808 |
| Chivilingo | 174 | Na | 68 | 28,7 | 0,5748 |
| Total | 117 | Che | 70 | 28,8 | 0,5692 |
| Colicheu | 9 | Ar | 68 | 28,8 | 0,5635 |
| Antihue | 119 | Cpe | 68 | 28,8 | 0,5582 |
| Monte Zorro | 184 | Kq | 63 | 28,9 | 0,5527 |
| Santa Rita | 54 | Cq | 67 | 28,9 | 0,5472 |
| Los rios | 104 | Clo | 69 | 29,0 | ,5416 |
| La suerte | 205 | Et | 71 | 29,0 | ,5363 |
| San Jose | 50 | Et | 64 | 29,0 | ,5311 |
| Chacay | 139 | Et | 55 | 29,1 | 0,5258 |
| La Colcha | 107 | Che | 68 | 29,2 | 0,5204 |
| El Guanaco | 192 | Kt | 66 | 29,2 | 0,5163 |
| Victoria de | 124 | Cpe | 70 | 29,5 | 0,5094 |
| Los llanos | 65 | Na | 68 | 29,6 | 0,5025 |
| Choque | 161 | Na | 68 | 29,7 | 0,4955 |

| PREDIO | POBLACION DE ALTO INDICE DE SITIO | | | | R2 |
|-----------------|-----------------------------------|-------|-------|------|--------|
| | CALICATA | SERIE | RODAL | IS | |
| Tanahullin | 41 | Cq | 69 | 29,7 | 0,4885 |
| Tapihue | 7 | Du | 66 | 29,9 | 0,4809 |
| Los rios | 106 | Che | 68 | 29,9 | 0,4727 |
| Los rios | 105 | Na | 69 | 30,0 | ,4638 |
| Gomero | 329 | Cq | 67 | 30,2 | 0,4551 |
| Tropen | 102 | Cpe | 72 | 30,2 | 0,4467 |
| Buena esperanza | 159 | Clo | 69 | 30,2 | 0,4385 |
| Canteras | 315 | Ar | 65 | 30,2 | 0,4305 |
| Colcura | 172 | Na | 68 | 30,3 | 0,4224 |
| San Antonio | 201 | Et | 65 | 30,4 | 0,4134 |
| El Tollo | 196 | Kt | 69 | 30,6 | 0,4039 |
| Flor del llano | 351 | Ar | 68 | 30,6 | 0,3946 |
| Santa Adriana | 31 | Et | 58 | 30,7 | 0,3821 |
| Maquehua | 99 | Clo | 70 | 30,7 | 0,3698 |
| Tapihue | 6 | Du | 66 | 31,0 | ,3568 |
| La Ermita | 48 | Cq | 66 | 31,1 | 0,3424 |
| La Araucana | 134 | Cpe | 67 | 31,3 | 0,3270 |
| Peumo Sur | 152 | Cpe | 70 | 31,3 | 0,3117 |
| San Isidro | 301 | Ba | 71 | 31,5 | 0,2968 |
| La escalera | 303 | Ba | 69 | 31,8 | 0,2809 |
| Los toronjil | 32 | Et | 63 | 32,0 | ,2634 |
| Potrerrillos | 90 | Et | 58 | 32,0 | ,2436 |
| Trecacura | 37 | Cq | 63 | 32,0 | ,2235 |
| Santa Delfin | 187 | Et | 71 | 32,3 | 0,2035 |
| El Kayser | 239 | Ba | 69 | 32,6 | 0,1837 |
| Qulahanqu | 96 | Clo | 68 | 33,0 | ,1641 |
| Mala y los | 149 | Et | 69 | 33,1 | 0,1434 |
| Nachi | 52 | Cq | 65 | 33,1 | 0,1219 |
| Colicheu | 12 | Tr | 66 | 33,1 | 0,1001 |
| El Cortijo | 47 | Et | 65 | 33,2 | 0,0787 |
| Capellania | 45 | Et | 69 | 33,4 | 0,0551 |
| Santa Rosa | 39 | Et | 68 | 33,6 | 0,0450 |
| Mundo Nuevo | 81 | Et | 68 | 33,7 | 0,0400 |
| Flores | 304 | Ba | 70 | 33,7 | 0,0350 |
| Quilten | 178 | Et | 64 | 34,1 | 0,0300 |
| Santa Gertru | 40 | Et | 69 | 34,7 | 0,0230 |
| Maria De la | 61 | Cpe | 70 | 34,8 | 0,0190 |

APENDICE Nº 3
RELACIONES NUTRICIONALES Y PARAMETROS ESTADISTICOS PARA LAS
DIFERENTES FORMAS DE EXPRESIONES NUTRICIONALES.

| RENDIMIENTO VAR(SB) | POBLACION DE ALTO RENDIMIENTO | | RELACION | | EXPRESION(1) | MEDIA | C.V. (%) |
|------------------------|-------------------------------|---------|----------|--------|--------------|--------|----------|
| | MEDIA | C.V.(%) | VAR(SA) | SB/SA | | | |
| Cu/Zn | 0,242 | 186.0 | 0,203 | 0,157 | 54.7 | 0,007 | 29,00* |
| Zn/Cu | 6,502 | 4.3 | 7,979 | 8,068 | 51.7 | 17,395 | 0,46 |
| Cu/Mn | 0,032 | 87.0 | 0,001 | 0,026 | 117.8 | 0,001 | 1,00* |
| Mn/Cu | 61,294 | 100.9 | 3,821 | 87,318 | 80.7 | 4,966 | 0,77 |
| Cu/B | 0,773 | 76.7 | 0,351 | 0,634 | 86.8 | 0,303 | 1,16 |
| B/Cu | 2,086 | 71.5 | 2,226 | 2,266 | 55.8 | 1,598 | 1,39* |
| Zn/Mn | 0,182 | 78.3 | 0,02 | 0,196 | 132.4 | 0,067 | 0,30 |
| Mn/Zn | 11,448 | 139,7 | 255,8 | 13,039 | 113.0 | 217,11 | 1,18* |
| Zn/B | 5,186 | 107.3 | 30,99 | 4,738 | 86.9 | 16,968 | 1,83 |
| B/Zn | 0,770 | 439.0 | 11,435 | 0,357 | 126.5 | 0,203 | 56,33* |
| Mn/B | 41,339 | 116.6 | 2,323 | 44,186 | 81.2 | 1,287 | 1,81* |
| B/Mn | 0,059 | 107.4 | 0,004 | 0,052 | 150.9 | 0,006 | 0,67 |
| N/P | 13,453 | 36.7 | 24,336 | 13,479 | 34.4 | 21,546 | 1,13 * |
| P/N | 0,084 | 36.0 | 0,001 | 0,084 | 38.4 | 0,001 | 1,00 |
| N/K | 2,074 | 37.3 | 0,597 | 1,803 | 30.8 | 0,308 | 1,94 * |
| K/N | 0,561 | 44.4 | 0,062 | 0,612 | 34.0 | 0,43 | 0,14 |
| N/Ca | 10,661 | 53.1 | 32,099 | 11,096 | 86.9 | 92,895 | 0,35 |
| Ca/N | 0,134 | 80.1 | 0,012 | 0,131 | 54.0 | 0,005 | 2,40 * |
| N/Mg | 9,791 | 42.8 | 17,601 | 13,347 | 140.9 | 353,51 | 0,05 |
| Mg/N | 0,123 | 44.9 | 0,003 | 0,101 | 38.3 | 0,002 | 1,50 * |
| P/K | 0,165 | 42.2 | 0,005 | 0,143 | 31.9 | 0,002 | 2,50 * |
| K/P | 7,012 | 36.2 | 6,431 | 7,830 | 37.2 | 8,488 | 0,76 |
| P/Ca | 0,834 | 54.6 | 0,207 | 0,877 | 82.1 | 0,518 | 0,40 |
| Ca/P | 1,658 | 74.5 | 1,526 | 1,675 | 54.7 | 0,841 | 1,81 * |
| P/Mg | 0,732 | 26.3 | 0,037 | 1,030 | 142.3 | 2,149 | 0,02 |
| Mg/P | 1,464 | 27.5 | 0,162 | 1,253 | 30.5 | 0,146 | 1,11 * |
| K/Ca | 5,892 | 66.2 | 15,228 | 6,859 | 96.4 | 43,714 | 0,35 |
| Ca/K | 0,277 | 92.9 | 0,066 | 0,237 | 64.9 | 0,024 | 2,75 * |
| K/Mg | 5,193 | 48.8 | 6,424 | 7,897 | 146.0 | 133,01 | 0,05 |
| Mg/K | 0,244 | 53.1 | 0,017 | 0,177 | 43.2 | 0,006 | 2,83 * |
| Ca/Mg | 1,075 | 51.9 | 0,312 | 1,364 | 55.2 | 0,568 | 0,55 |
| Mg/Ca | 1,097 | 38.2 | 0,175 | 0,927 | 50.6 | 0,220 | 0,80 * |
| N/Cu | 0,265 | 31.7 | 0,007 | 0,279 | 26.0 | 0,0053 | 1,34 |
| Cu/N | 4,251 | 50.2 | 4,547 | 39074 | 33.7 | 1,7329 | 2,62 * |
| N/Zn | 0,063 | 23.9 | 0,023 | 0,040 | 43.1 | 0,0003 | 76,33 * |
| Zn/N | 25,11 | 44.3 | 123,53 | 29,339 | 48.9 | 206,54 | 0,60 |
| N/Mn | 0,007 | 68.6 | 0,00002 | 0,0064 | 107.8 | 5e-05 | 0,51 * |

* : Razones seleccionadas para el calculo del Indices DRIS.

(1) : Macronutrientes en porcentaje de materia seca (%) y micronutrientes en partes por millón (ppm).

C.V. : Coeficiente de Variación (%).

SB : Varianza de la población de bajo rendimiento.

SA : Varianza de la población de alto rendimiento.

| POBLACION DE BAJO RENDIMIENTO | | | POBLACION DE ALTO RENDIMIENTO | | | RELACION | EXPRESION(1)MEDIA | |
|-------------------------------|---------|-------|-------------------------------|---------|---------|----------|-------------------|---------|
| C.V. (%) | VAR(SB) | MEDIA | C.V(%) | VAR(SA) | SB/SA | | | |
| Mn/N | 212,9 | 70.7 | 22639 | | 307,36 | 73.5 | 51047 | 0,44 |
| N/B | 0,192 | 76.7 | 0,021 | | 0,1693 | 77.3 | 0,0172 | 1,26 |
| B/N | 8,328 | 74.3 | 38,284 | | 8,5462 | 58.1 | 24,642 | 1,55 * |
| P/Cu | 0,021 | 34.7 | 0,0001 | | 0,0226 | 35.1 | 0,0001 | 1,00 |
| Cu/P | 54,11 | 47.8 | 669,74 | | 51,265 | 45.6 | 547,0 | 1,22 |
| P/Zn | 0,005 | 279.6 | 0,0002 | | 0,0032 | 40.7 | 2e-06 | 117,8 * |
| Zn/P | 317,06 | 42.5 | 18187 | | 379,65 | 60.1 | 51980 | 0,35 |
| P/Mn | 0,0007 | 86.7 | 3,3e-07 | | 0,0006 | 137.3 | 2e-05 | 0,02 |
| Mn/P | 3094,3 | 84.5 | 6831790 | | 4242,57 | 85.3 | 1e+07 | 0,52 * |
| P/B | 0,0164 | 89.7 | 0,0002 | | 0,0143 | 86.6 | 0,0002 | 1,00 * |
| B/P | 107,68 | 64.5 | 4821,84 | | 115,609 | 76.1 | 7746,5 | 0,62 |
| K/Cu | 0,1403 | 40.2 | 0,0032 | | 0,1668 | 36.9 | 0,0038 | 0,84 |
| Cu/K | 8,2948 | 48.2 | 15,966 | | 6,9195 | 42.9 | 8,8017 | 1,81 * |
| K/Zn | 0,0319 | 220.9 | 0,005 | | 0,0233 | 37.9 | 0,0001 | 50,00 * |
| Zn/K | 48,934 | 48.4 | 560,163 | | 50,3755 | 49.6 | 624,08 | 0,90 |
| K/Mn | 0,0041 | 79.2 | 0,00001 | | 0,0039 | 118.4 | 2e-05 | 0,49 |
| Mn/K | 469,9 | 93.7 | 193643 | | 567,074 | 91.0 | 266288 | 0,73 * |
| K/B | 0,983 | 76.0 | 0,0056 | | 0,0957 | 65.2 | 0,0039 | 1,44 * |
| B/K | 15,816 | 68.7 | 118,045 | | 14,922 | 72.8 | 117,99 | 1,00 |
| Ca/Cu | 0,0358 | 82.5 | 0,0009 | | 0,0358 | 56.6 | 0,0004 | 2,25 * |
| Cu/Ca | 45,46 | 87.2 | 1572,95 | | 43,3574 | 98.6 | 1825,6 | 0,86 |
| Ca/Zn | 0,0085 | 281.0 | 0,0006 | | 0,0052 | 78.6 | 2e-05 | 35,49 * |
| Zn/Ca | 247,16 | 57.6 | 20253,5 | | 302,438 | 78.2 | 55858 | 0,36 |
| Ca/Mn | 0,001 | 110.5 | 1,3e-06 | | 0,0008 | 116.92 | 8e-07 | 1,63 * |
| Mn/Ca | 2194,7 | 75.8 | 2770580 | | 2732,05 | 67.2 | 3e+06 | 0,82 |
| Ca/B | 0,0267 | 106.3 | 0,0008 | | 0,0213 | 87.3 | 0,0003 | 2,67 * |
| B/Ca | 86,152 | 72.9 | 3939,28 | | 91,6003 | 96.9 | 7887,8 | 0,50 |
| Mg/Cu | 0,0315 | 46.6 | 0,0002 | | 0,0274 | 33.8 | 0,0001 | 2,00 * |
| Cu/Mg | 40,329 | 59.7 | 578,829 | | 42,8473 | 49.1 | 442,36 | 1,31 |
| Mg/Zn | 0,0089 | 353.8 | 0,001 | | 0,0039 | 46.3 | 3e-06 | 305,1 * |
| Zn/Mg | 226,54 | 44.5 | 10159,2 | | 311,982 | 53.8 | 28217 | 0,36 |
| Mg/Mn | 0,001 | 90.9 | 7,8e-07 | | 0,0007 | 132.8 | 9e-07 | 0,85 * |
| Mn/Mg | 2179 | 76.2 | 2759670 | | 3475,01 | 86.9 | 9e+06 | 0,30 |
| Mg/B | 0,251 | 107.4 | 0,0007 | | 0,0173 | 91.4 | 0,0003 | 2,33 * |
| B/Mg | 78,709 | 65.6 | 2662,15 | | 93,8771 | 63.6 | 3564,3 | 0,75 |

* : Razones seleccionadas para el calculo del Indices DRIS.

(1) : Macronutrientes en porcentaje de materia seca (%) y micronutrientes en partes por millón (ppm).

C.V. : Coeficiente de Variación (%).

SB : Varianza de la población de bajo rendimiento.

SA : Varianza de la población de alto rendimiento.