

ALGUNOS ASPECTOS DE LA "MUERTE APICAL" *Diplodia pinea* (Desm.) Kickx. EN RELACION CON LA ESTRUCTURA DE UN BOSQUE NO MANEJADO DE Pino insigne

Roberto Ipinza C^{*}.

RESUMEN

Se pretende mediante un modelo inicial demostrar que en un bosque no manejado de *Pinus radiata* D. Don, atacado por *Diplodia pinea*, algunas variables fenotípicas alcanzan valores diferentes en función del estado sanitario (sano y enfermo).

Mediante análisis estadístico se determina que las variables DAP, Distancia mínima con respecto al árbol más cercano, Radio de copa y Razón de copa viva muestran diferencias significativas a un $\alpha \leq 0.01$ y la variable altura total a un nivel $0.01 \leq \alpha \leq 0.05$.

Además se demuestra una dependencia sistemática entre el estado sanitario y las clases de dominancia a un nivel de $\alpha = 0.0001$.

1. INTRODUCCION.

1.1. Introducción General.

Las plantaciones de Pino insigne (*Pinus radiata* D. Don) a través de su vida, se ven sujetas a numerosas enfermedades que tienden a limitar su desarrollo y crecimiento. Estas restricciones se hacen más evidentes a causa de la longevidad de las especies arbóreas en comparación con los cultivos agrícolas. Además, la probabilidad que ocurra más de un factor causal o de predisposición, aumenta en relación al tiempo.

En un bosque no manejado, el riesgo es mayor, ya que se agrega otro factor: la "competencia intra específica", que es producto de la lucha por el espacio para crecer, de cada árbol individual, provocando durante la vida de éstos distintos niveles de vigor que finalmente determina la mayor o menor susceptibilidad de ser atacado por *Diplodia pinea*.

Además la resistencia del hospedante (*Pinus radiata*), así como el nivel de patogenicidad de *Diplodia pinea*, está controlado en gran medida por el clima, ya que si éste es favorable y desfavorable para *Diplodia pinea* y *Pinus radiata* respectivamente, la enfermedad se manifiesta rápidamente.

Al respecto, Parra y del Pozo (1979), determinan para *Diplodia pinea* sobre *Pinus radiata* en Llampiguillo (Valparaíso - V Región), que la ciclicidad en la sintomatología está correlacionada con períodos de alta variación en pre-

* Ing. Forestal, Prof. Ayudante de Patología Forestal Depto. de Silvicultura.

cipitación y temperatura, seguido de períodos secos (déficit hídrico).

1.2. Marco de Análisis, Conceptos Generales y Objetivos.

Se pretende mediante el presente estudio, comenzar con una línea de investigación, tendiente a determinar la estructura de un bosque no manejado de *Pinus radiata* en relación al estado sanitario.

El enfoque se basa, primero, en un modelo de descomposición e interpretación. Segundo, establecer un modelo predictivo del estado sanitario con fines de manejo. El análisis posterior solo se refiere al primer aspecto.

El problema de la enfermedad producida por *Diplodia pinea* en plantaciones no manejadas de *Pinus radiata* se puede enfocar como una relación de causas y efectos, para lo cual se propone la siguiente definición operacional como hipótesis de trabajo.

“La competencia es una causa del estado sanitario sólo si el estado sanitario puede ser regulado o manejado por la competencia y sólo por la competencia”.

La noción de causa implica predicción en términos del probable manejo de la competencia. La predicción no implica que los cambios producidos por el manejo sean excluidos de la definición.

El manejo de la competencia mediante intervenciones silvícolas apropiadas, no implica que todas las otras causas del estado sanitario tales como sequía, son controladas o mantenidas constantes.

Además, si sólo se regula o maneja la competencia es probable que se originen cambios en en muchas otras variables que son afectadas por la competencia; dichos cambios no son controlados, ni mantenidos constantes cuando se examina el efecto de la competencia sobre el estado sanitario.

Bajo este concepto se puede alargar la cadena en sentido jerárquico, definiendo el estado sanitario como una causa, y el efecto lo constituiría una serie de características fenotípicas de cada árbol en el bosque.

En la figura N° 1, se propone un modelo inicial que tiende a explicar en sentido general el estado sanitario de los bosques de *Pinus radiata* no manejados.

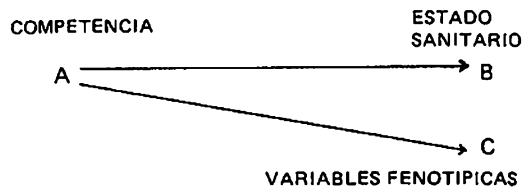


FIGURA N° 1 Modelo de Causalidad del estado sanitario para un Bosque no manejado.

El modelo refleja una covariación entre el estado sanitario y las variables fenotípicas. La relación se debe en parte a la dependencia causal de las variables fenotípicas sobre el estado sanitario y por otro lado a la contribución de un factor causal común, la competencia.

Luego, teniendo en consideración las definiciones y limitantes previamente señaladas, por estado sanitario se entenderá en adelante una relación de causalidad y efectos implícita y las variables fenotípicas como efectos de la competencia y el estado sanitario.

El objetivo del presente estudio es demostrar que en un bosque no manejado de *Pinus radiata*, algunas variables fenotípicas alcanzan valores diferentes dentro de ellas, en función del estado sanitario.

1.3. Antecedentes Generales:

A. Lugar:

El presente estudio se llevó a cabo en el fundo Llampaguillo (V Región) propiedad de FORESTAL S.A., durante 1977 - 1979.

El origen del bosque es plantación con regeneración natural y corresponde a segunda rotación.

La edad fluctúa en 20 - 22 años, con una densidad promedio de 955,7 árboles por hectárea.

B. Clima:

El clima según Di Castri, F. (1975), corresponde al tipo mediterráneo semiárido, caracterizado por una estación seca de 7 meses. La zona posee alta humedad relativa, debido a la influencia marítima.

Esta humedad relativa actúa como regulador de las temperaturas extremas.

Temperatura media máxima 19,5°C
Temperatura media mínima 10,3°C
Temperatura media 14,0°C
Humedad relativa media (°/o) 92 °/o
Precipitación media (mm) 314,57mm
La dirección del viento es de Norte a Este.

C. Suelos:

Los suelos de la zona son de origen graníticos, depositacionales, provenientes de material de arrastre altamente meteorizados.

La clase de capacidad de uso corresponde a VIII.

2. METODO.

Se consideró una muestra de 649 árboles, elegida en forma sistemática, mediante líneas de muestreo. A cada ejemplar arbóreo se le midió las siguientes características (Cuadro N° 1).

CUADRO N° 1 Variables fenotípicas analizadas por árbol en relación al estado sanitario (sano y enfermo).

Variables:

- Diámetro a la altura del pecho (DAP).
- Clases de dominancia (DOMIN): Dominante, Codominante, Intermedio y Suprimido.
- Altura total (h TOTAL).
- Distancia mínima con respecto al árbol más cercano (DIST.).
- Radio de Copa (RADCOP).
- Razón de copa viva (HC/HT).

El tipo de variables previamente señaladas corresponde: primero, al resultado de una selec-

ción preliminar a partir de 27 variables fenotípicas, segundo: son las de uso más común para caracterizar a un árbol y tercero son sensibles a problemas patológicos y de competencia.

Las variables se someten al siguiente análisis estadístico:

A. Análisis estadístico descriptivo.

Para comparar cada variable en relación al estado sanitario se utilizan: histogramas de frecuencia relativa, la curtosis o momento de cuarto orden y el índice de simetría o momento de tercer orden.

B. Prueba t (student).

Comparación de medias muestrales de cada variable en relación al estado sanitario.

C. Cuadro de contingencia y medida de asociación relativa mediante la Prueba de Chi - cuadrado, para determinar la dependencia del estado sanitario, con las clases de dominancias.

El proceso de los datos se realiza mediante un sistema de programas de computación denominado S.P.S.S. (Statistical Package for the Social Sciences) en el sistema operativo C.M.S. (Conversational Monitor System) del VM/370, ubicado en el Centro de Computación de la Universidad de Chile.

3. RESULTADOS

3.1. Patrones de distribución de las variables fenotípicas continuas en función del estado sanitario.

El bosque analizado presenta un 48.1 y 51.9°/o de árboles enfermos y sanos respectivamente.

Las variables fenotípicas continuas segrega-

das en función del estado sanitario muestran las siguientes distribuciones porcentuales. (Figura N° 2 y 3).

La distribución general encontrada en todas las variables, es una tendencia a la normal. Los valores de curtosis e índices de simetría se ilustran en el Cuadro N° 2.

CUADRO N° 2 Valores de Curtosis e Índice de Simetría para las variables fenotípicas continuas analizadas en función del estado sanitario.

VARIABLES	CURTOSIS	INDICE DE SIMETRIA
DAP		
Sano	0.304	0.233
Enfermo	0.724	0.622
h TOTAL		
Sano	1.756	0.760
Enfermo	1.817	1.157
DIST		
Sano	2.215	1.425
Enfermo	1.537	1.020
RADCOP		
Sano	6.816	1.663
Enfermo	-0.070	0.567
HC/HT		
Sano	2.522	1.439
Enfermo	3.674	1.494

El DAP presenta en el nivel sano una curtosis que indica mayor semejanza con la distribución normal que el nivel enfermo, si bien es cierto que ambas son leptocurticas. El índice de simetría señala en cambio que los diámetros de los árboles enfermos se encuentran más agrupados a la izquierda que los árboles sanos.

La variable h TOTAL en relación al estado sanitario presenta un comportamiento semejante a la variable DAP a excepción de la curtosis, que no indica diferencia en los árboles sanos y enfermos.

En relación a la variable distancia mínima, el comportamiento de la curtosis difiere, ya que ambos niveles del estado sanitario presen-

tan una tendencia leptocurtica, pero el nivel enfermo se asemeja en mayor grado a la distribución normal. El índice de simetría, señala que los árboles de ambos niveles estarían situados a la izquierda de la media. Cabe destacar además que muchos valores extremos de los árboles sanos se encuentran a la derecha de la media.

En la variable Radio de copa se observa que la curtosis de los árboles sanos presentan una distribución leptocurtica, en cambio los árboles enfermos una distribución ligeramente platicurtica. La simetría indica que ambos niveles se encuentran agrupados a la izquierda, el nivel sano presenta además valores extremos agrupados o a la derecha de la media.

La razón copa viva, presenta en ambos niveles una tendencia leptocurtica, más acentuada en los árboles enfermos. El índice de simetría no indica diferencia en ambos niveles, estando agrupados a la izquierda de la media.

3.2. Determinación de diferencias en las variables fenotípicas continuas en relación al estado sanitario.

En el Cuadro N° 3 se presentan los niveles de significación que se logran al comparar cada variable en relación a su estado sanitario mediante la prueba t (student). La prueba t, supone homogeneidad de la varianza.

CUADRO N° 3 Prueba t (Student) para determinar diferencias significativas de cada variable continua, en relación al estado sanitario.

VARIABLE	N _i	$\bar{x}_i$	S _i ²	t	Nivel de significación
DAP					
Sano	336	0.27	0.003	3.28	0.001 **
Enfermo	331	0.25	0.004		
h TOTAL					
Sano	337	20.21	2.779	2.35	0.019 *
Enfermo	311	19.54	4.092		
DIST					
Sano	337	2.42	0.733	5.40	0.005 **
Enfermo	312	2.26	0.367		
RADCOP					
Sano	337	2.35	0.904	3.62	0.001 **
Enfermo	312	2.09	0.675		
HC/HT					
Sano	337	0.39	0.022	6.95	0.001 **
Enfermo	312	0.31	0.018		

Donde:

- N_i = Número de árboles para cada variable y su respectivo nivel.
 $\bar{X}_i$ = Valor medio para cada variable y su respectivo nivel.
 S_i^2 = Varianza para cada variable y su respectivo nivel.

Los resultados indican que las variables continuas DAP, DIST, RAD COP, HC/HT, presentan probabilidad de "t" menores a los niveles de α escogidos (0.05 y 0.01), por lo que rechazamos la hipótesis nula y aceptamos la hipótesis alternativa que indica que las medias de dichas variables en relación al estado sanitario difieren significativamente ($\alpha \leq 0.01$).

En relación a la variable h TOTAL, las diferencias son sólo significativas a un nivel de $\alpha = 0.05$.

3.3. Relación entre las clases de dominancia (DOMIN) y el estado sanitario.

La variable nominal DOMIN (Figura N° 4) tiende a distribuirse en forma normal en el nivel sano, en cambio los árboles enfermos tienden a describir una hipérbola equilátera.

El Cuadro N° 4 ilustra esta relación en términos de frecuencia absoluta y relativa.

Se observa en el Cuadro N° 4, que el mayor porcentaje de árboles dominantes se agrupan en el nivel sano, en cambio los árboles enfermos se presentan en mayor porcentaje en las clases de dominancia: Codominante, Intermedio y Suprimido. Este hecho indicaría que existe una dependencia o relación sistemática entre la variable DOMIN y el Estado sanitario.

Para corroborar o rechazar dicha hipótesis se procede a calcular la Prueba de Chi-cuadrado.

El valor de Chi-cuadrado es igual a 51.1689, luego la probabilidad de obtener un valor mayor con tres grados de libertad es menor que 0.0000, el valor de chi-cuadrado es estadísticamente significativo a un nivel de $\alpha = 0.0001$, demostrando que existe dependencia y una fuerte relación sistemática entre ambas variables.

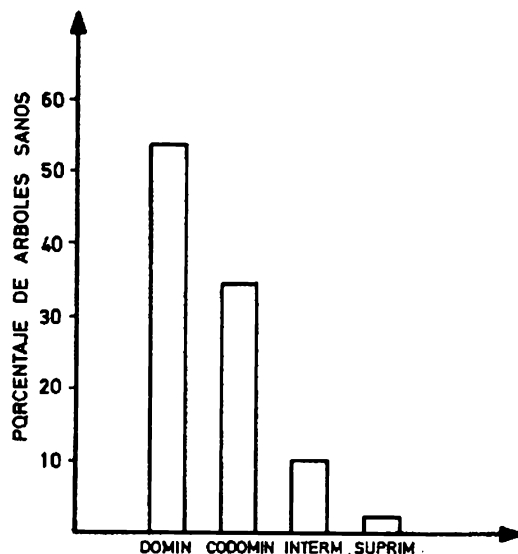
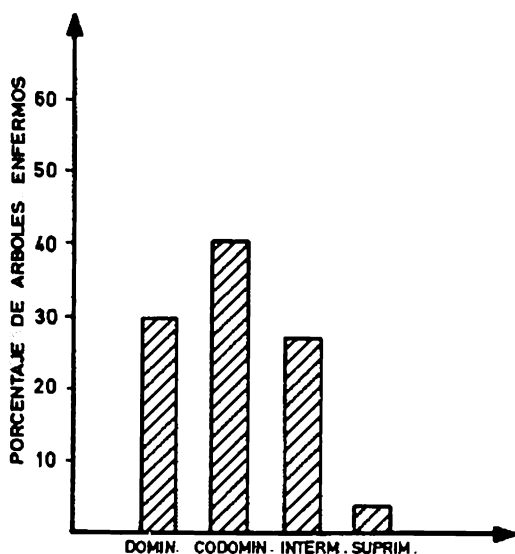


Figura N° 2. Histograma de frecuencias relativas de las variables DAP, altura total y distancia mínima en función del estado sanitario.

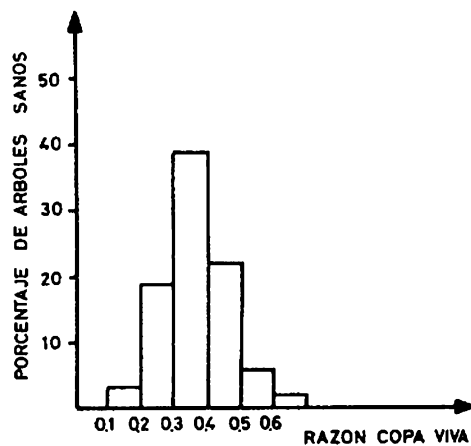
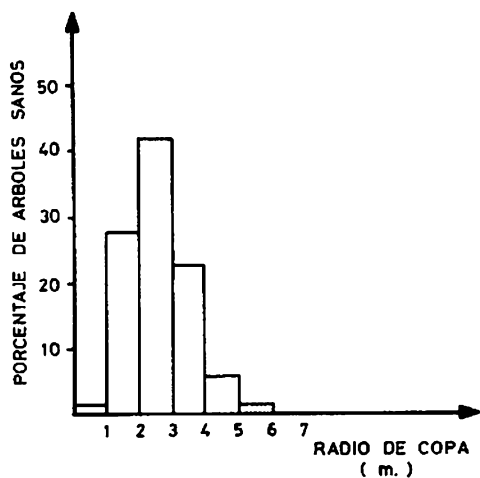
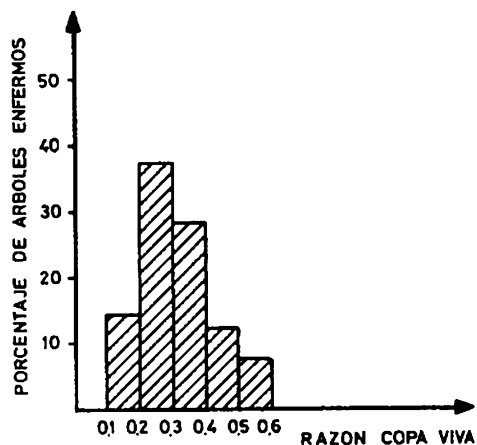
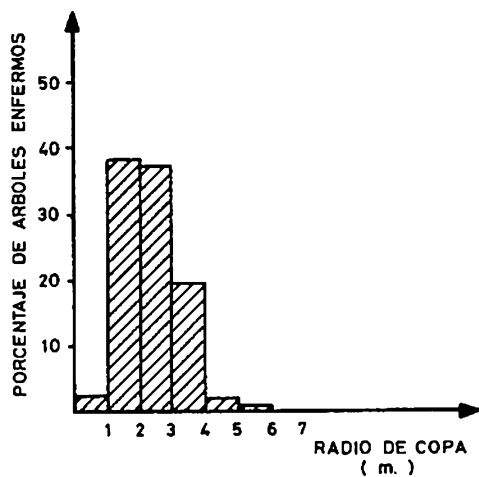
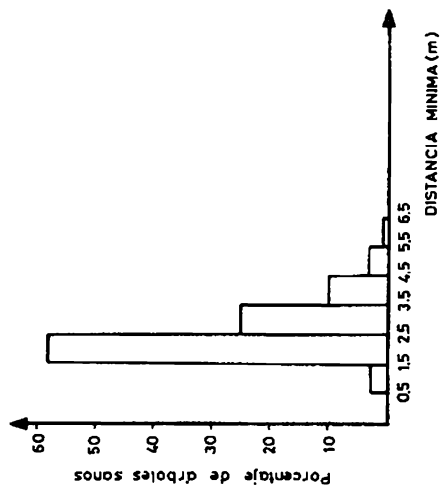
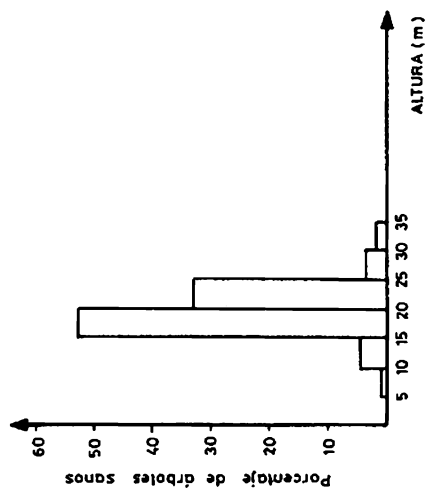
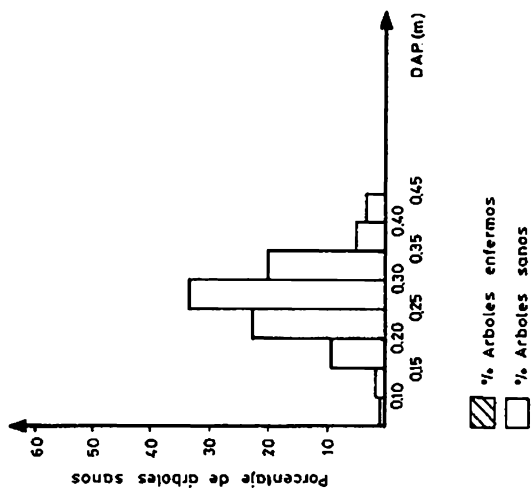
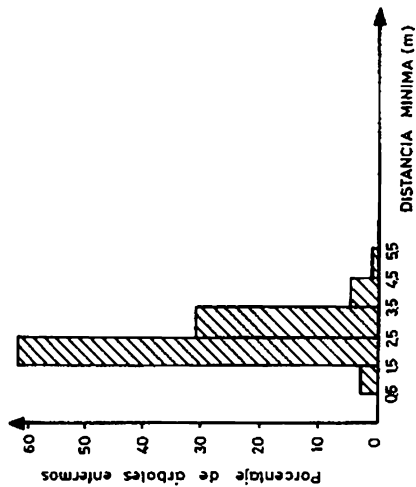
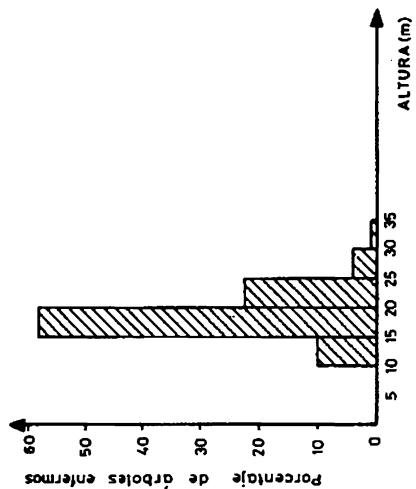
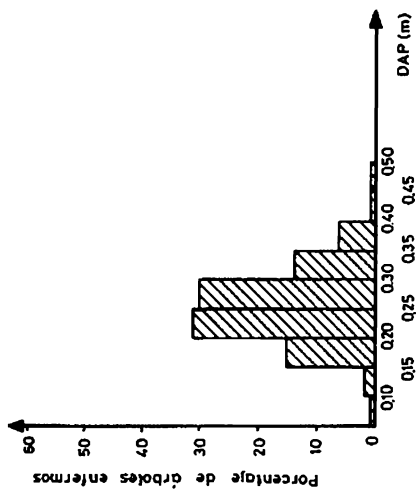


Figura Nº 3. Histogramas de frecuencias relativas de las variables Radio de Copa y Razón de copa viva en función del estado sanitario.



 % Árboles enfermos
 % Árboles sanos

Figura No 4. Histograma de frecuencia relativa de la variable Clase de dominancia en función del estado sanitario.

Frecuencia Porcentaje por fila Porcentaje por columna Porcentaje Total	Dominante	Codominante	Intermedio	Suprimido	Total Filas
ENFERMOS	92.0 29.5 33.6 14.2	126.0 40.4 52.3 19.4	83.0 26.6 70.9 12.8	11.0 3.5 64.7 1.7	312.0 (48.1)
SANOS	182.0 54.0 66.4 28.0	115.0 34.1 47.7 17.7	34.0 10.1 29.1 5.2	6.0 1.8 35.3 0.9	337.0 (51.9)
TOTAL COLUMNAS	274.0 (42.2)	241.0 (37.1)	117.0 (18.0)	17.0 (2.6)	649.0 (110.0)

4. DISCUSION Y ANALISIS DE LOS RESULTADOS.

La competencia y el estado sanitario provocan sobre las variables fenotípicas distinto comportamiento que se refleja en sus distribuciones (Fig. N°2, 3 y 4) sus estimadores (Cuadro N°2).

En relación a las variables fenotípicas continuas, se observa que la variabilidad de la altura total es debida en mayor proporción a la competencia que al estado sanitario, ya que se presentan fuertes desviaciones, tanto en árboles enfermos como sanos y sólo son diferentes entre sí a un nivel de significación de $\alpha = 0.05$. Luego las diferencias de altura en las distintas clases de dominancias son muy acentuadas a causa de la competencia, fundamentalmente.

En las demás variables, es poco probable, bajo este sistema de análisis segregar qué causas tienen un mayor porcentaje de explicación en las variables fenotípicas.

La razón de copa viva en términos porcentuales "Porcentaje de copa viva" indica que el

valor para los árboles enfermos (31.5%) se encuentra en el límite inferior recomendable (Vita, A. 1978). En cambio el valor para los árboles sanos se les puede considerar "aceptable" para esta clase de edad (20-22 años).

Los efectos de la competencia y estado sanitario sobre las variables fenotípicas de un bosque no manejado reflejan claras diferencias, no así el porcentaje de explicación de la competencia, estado sanitario e interacción sobre dichas variables. Estudios posteriores deben estar encausados a dilucidar este fenómeno y determinar su comportamiento en otro tipo de enfermedades.

Sin embargo creemos que es posible lograr aminorar dicho efecto, realizando intervenciones silvícolas (raleos) oportunas en los bosques no manejados; debido a las siguientes razones:

A. Actualmente existen aproximadamente 637.000 hectáreas de plantaciones de *Pinus radiata* distribuidas entre la V y X regiones del país (Morales, R. et al. 1979). Según dichos autores (op. cit) la superficie de plantación manejada es mínima, ya que alcanza a

un 14^o/o del total de superficies plantadas (487.812 há) que controlan las empresas encuestadas en dicho estudio.

B. Es de especial preocupación estas cifras, más aún si consideramos que las proyecciones realizadas por Husch B. y Jones, F. (1977), alcanzan un total estimado de 1.2 a 1.4 millones de hectáreas de plantación para fines de siglo, tomando como base una tasa de plantación de 70.000 hectáreas anuales.

El manejo de los bosques, disminuyendo la competencia intraespecífica, es la alternativa más viable para disminuir el riesgo y las pérdidas ocasionadas por la enfermedad "Muerte Apical", ya que se logra un mayor espacio disponible para el crecimiento de los árboles individuales.

Los resultados de este estudio demuestran claramente el efecto que dicha omisión provoca. Parra y del Pozo (1979) en un análisis paralelo llevado a cabo en Llampiguillo (V Región), determinan pérdidas en Área Basal de 10.8^o/o con respecto a los árboles sanos.

Las intervenciones silviculturales, tales como los raleos no pueden ya obedecer a esquemas tradicionales, ya que por el esfuerzo que esta labor significa, se debe aprovechar en mejor modo dicha acción.

El raleo debe procurar anteponerse a la enfermedad, no sólo mediante el simple hecho de disminuir la densidad, sino que eligiendo los individuos con un criterio basado en variables fenotípicas que sean discriminatorias en relación al estado sanitario. La validez de es-

te hecho radica en que es probable encontrar individuos con características fenotípicas de enfermo, que aún no presentan el cuadro sintomatológico típico de la "Muerte Apical".

Es indiscutible que el modelo propuesto en este estudio, constituye tan sólo una primera aproximación y deberá sufrir modificaciones en la medida que se adquieran nuevos conocimientos básicos con respecto a esta enfermedad.

CONCLUSIONES.

1. Se determina que las variables fenotípicas continuas, D.A.P., Distancia mínima con respecto al árbol más cercano, Radio de copa y Razón copa viva, muestran diferencias significativas en relación al estado sanitario (sano y enfermo) a un nivel de significación $\alpha \leq 0.01$ y la variable altura total a un nivel $0.01 < \alpha \leq 0.05$.
2. Se demuestra una dependencia sistemática entre el estado sanitario (sano y enfermo) y las clases de dominancia a un nivel de significación de $\alpha = 0.0001$.

BIBLIOGRAFIA

1. DI CASTRI, F. Esbozo Ecológico de Chile. Trad. por Sergio Nuñez J. Claudio Molina D. Lo Barnechea. Centro de Perfeccionamiento Experimentación e Investigaciones Pedagógicas. Sección Biología. 1975. 64p.
2. HUSCH, B. Y JONES, F. Estado actual de las plantaciones de *Pinus radiata* en Chile, Santiago de Chile. Corporación Nacional Forestal, Junio, 1977.s.p. (Proyecto CONAF/PNUD/FAO/CHI-76/003. Proyecto CONAF/FAO/PNUD/RLA-75/048. Documento de Trabajo N^o 1). 34p.
3. MORALES, R. et al. INFORME 1. Estado actual del manejo de plantaciones de Pi-

- nus radiata** D. Don en Chile. Santiago de Chile. Corporación Nacional Forestal, Abril, 1979. s.p. (PROYECTO CONAF/PNUD/FAO/CHI-76/003-2FO - 1.2.5.). Manejo de Plantaciones de *Pinus radiata* D. Don 121 p.
4. NIES, N. et al. SPSS. Statistical Package for the Social Sciences. Mac. Graw-Hill.1975. 675 p.
 5. PARRA, P. Y DEL POZO, C. Determinación de los ciclos de infección de *Diplodia pinea* (Desm.) kickx, en la zona de Valparaíso. Seminario de la Cátedra de Patología Forestal. Fac. Ciencias Forestales. Univ. de Chile. 1979. 34 p.
 6. VITA, A. Los tratamientos silviculturales. Texto N°1. Fac. de Ciencias Forestales Univ. de Chile. 1978.274 p.