

UNIVERSIDAD DE CONCEPCION
FACULTAD DE CIENCIAS FORESTALES
Departamento de Manejo de Bosques y Medio Ambiente

**EFFECTO DE LOS RESIDUOS POST COSECHA SOBRE EL
DESARROLLO INICIAL DE *Pinus radiata* D.Don.**

Por

DAVID ESTEBAN QUEZADA MIERES

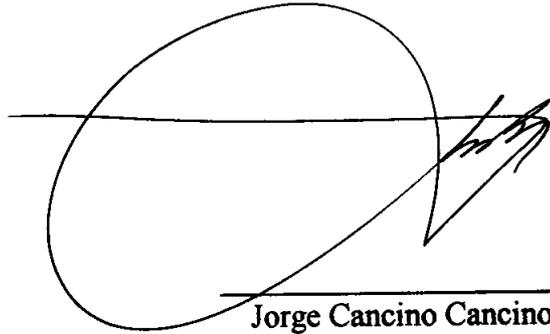


**MEMORIA DE TITULO
PRESENTADA A LA FACULTAD DE
CIENCIAS FORESTALES DE LA
UNIVERSIDAD DE CONCEPCION
PARA OPTAR AL TITULO DE
INGENIERO FORESTAL.**

CONCEPCION-CHILE
1996

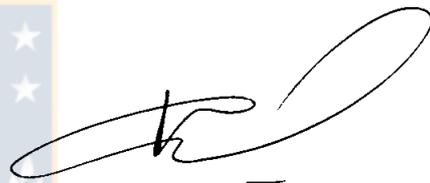
EFFECTO DE LOS RESIDUOS POST COSECHA SOBRE EL
DESARROLLO INICIAL DE *Pinus radiata* D.Don.

Profesor Asesor



Jorge Cancino Cancino
Profesor Asistente
Ingeniero Forestal, Ms.Sc.

Director Departamento Manejo
de Bosques y Medio Ambiente



Fernando R. Drake Aranda
Profesor Asociado
Ingeniero Forestal

Decano Facultad de Ciencias
Forestales



Jaime García Sandoval
Profesor Asociado
Ingeniero Forestal

AGRADECIMIENTOS

Gracias Señor Jesús por salvarme y darle sentido a mi vida.

Gracias papá, mamá, abuelita, hermanos y Marcela por estar siempre a mi lado.

Gracias don Jorge Cancino por su asesoría y disposición.

Gracias familia Montecinos Ferrada por su colaboración.

Gracias Ricardo por ayudarme en la impresión de este trabajo.

Gracias don Beto y señora Dominga, de fundo el Ajial, por recibirme en su casa.

Gracias a todos los compañeros que han estado conmigo y me han honrado con su amistad.



INDICE DE MATERIAS

CAPITULO	PAGINA
I	INTRODUCCION..... 1
II	REVISION BIBLIOGRAFICA..... 2
	2.1. Suelos forestales..... 2
	2.1.1. Ciclo de nutrientes 3
	2.1.2. Fertilidad de suelos y manejo..... 5
	2.2. Residuos forestales..... 8
	2.2.1. Influencia de los residuos de cosecha sobre las propiedades de los suelos..... 8
	2.2.2. Resultados del manejo de residuos de cosecha..... 10
	2.2.3. Retención de residuos para una productividad sostenida..... 13
III	MATERIALES Y METODOS..... 16
	3.1. Materiales..... 16
	3.2. Métodos..... 18
	3.2.1. Medición..... 18
	3.2.2. Análisis estadístico..... 19
	3.2.2.1. Efecto de la cobertura de desechos sobre la sobrevivencia..... 19
	3.2.2.2. Determinación del efecto del sector de plantación, procedencia de plantas y cuadrilla de plantación sobre la sobrevivencia..... 19
	3.2.2.3. Efecto de los desechos sobre el crecimiento inicial..... 20

CAPITULO	PAGINA
IV	RESULTADOS Y DISCUSION..... 25
4.1.	Caracterización de grupos según variables de estado de la plantación..... 25
4.1.1.	Situación en estratos..... 25
4.2.	Efecto de la cobertura de desechos sobre la sobrevivencia..... 26
4.2.1.	Diferencia de sobrevivencia entre grupos..... 28
4.3.	Efecto de la cobertura de desechos sobre el crecimiento de las plantas..... 31
4.3.1.	Efecto de la cobertura de desechos sobre la altura total de las plantas..... 32
4.3.2.	Efecto de la cobertura de desechos sobre el diámetro de cuello..... 34
4.3.3.	Desarrollo de plantas en sectores, viveros y cuadrillas..... 34
V	CONCLUSIONES..... 39
VI	RESUMEN Y SUMMARY..... 40
VII	BIBLIOGRAFIA..... 41

INDICE DE TABLAS

TABLA N°		PAGINA
1	Rango de concentración de nutrientes (% ps) en componentes de biomasa de <i>Pinus radiata</i>	4
2	Caracterización de los estratos según viveros, cuadrillas de plantación y sector en terreno.....	17
3	Componentes del análisis de covarianza para determinar el efecto de la procedencia de plantas sobre el crecimiento.....	22
4	Categoría de estratos para cada una de las variables.....	26
5	Sobrevivencia de plantas en estratos, sectores, viveros y cuadrillas.....	28
6	Coefficientes de correlación muestrales en estratos, viveros y sectores para la relación altura-cobertura y diámetro-cobertura.....	33
7	Estadígrafos para la diferencia entre sectores, cuadrillas y viveros.....	35
8	Categoría de los grupos en cada una de las variables de desarrollo de la plantación y la cobertura de desechos.....	35

INDICE DE FIGURAS

FIGURA N°		PAGINA
1	Armazón para la determinación de cobertura de desechos	17
2	Distribución de los estratos en terreno.....	18
3	Estado de la plantación en cada estrato.....	25
4	Efecto de la cobertura de desechos sobre la sobrevivencia de plantas a dos años de la plantación.....	27
5	Diferencia en la sobrevivencia de sectores, viveros y cuadrillas...	30
6	Distribución de frecuencia de la cobertura de desechos observada en terreno.....	31
7	Efecto de la cobertura de desechos sobre el crecimiento en altura y diámetro.....	32
8	Relación altura - cobertura según procedencia, sector y cuadrilla de plantación.....	37
9	Relación diámetro de cuello- cobertura según procedencia, sector y cuadrilla de plantación.....	38

I. INTRODUCCION

Al establecer una plantación surgen varias posibilidades para el tratamiento de los residuos de cosecha, los que están compuestos por hojarasca, ramas, corteza, trozas, tocones y otros. El uso del fuego es una técnica de uso habitual para reducir desechos en Chile. Durante 1993 se trataron con este método 71500 ha, incluyendo la superficie forestada con especies distintas al *Pinus radiata*. Según Pritchett (1991), el fuego es el instrumento más económico disponible para eliminar los desechos derivados de la cosecha forestal y para retardar la competencia de las especies herbáceas. Sin embargo, el fuego no es la mejor opción, considerando que se debe propender al mejoramiento o al menos mantención de la productividad del sitio en el largo plazo; la mantención de residuos puede ser la alternativa más adecuada, la que generalmente va acompañada por trituración de los mismos *in situ*, tendiente a acelerar su incorporación al suelo.

El objetivo de este estudio fue evaluar el efecto de los residuos post cosecha sobre el desarrollo inicial de una plantación de *Pinus radiata* D. Don establecida en un suelo arenoso. Específicamente se buscó determinar el efecto de la cobertura de desechos sobre el crecimiento inicial en altura y diámetro de cuello de las plantas y sobre la sobrevivencia. Adicionalmente se buscó explicar el efecto de la procedencia de las plantas, de la cuadrilla de plantación y de la ubicación de las plantas en el terreno.

II. REVISION BIBLIOGRAFICA

Esta revisión resume información sobre los suelos forestales y los residuos de cosecha. Respecto a los suelos forestales se incluyen dos secciones; la primera, sobre suelos forestales, trata del ciclaje de nutrientes y de la fertilidad y manejo de suelos, y busca evidenciar la importancia del suelo como sustentador de masas forestales, y del efecto del manejo de suelos sobre la productividad. La segunda sección, sobre residuos forestales, analiza cómo los residuos de cosecha influyen sobre las propiedades de los suelos, sobre el crecimiento de plantaciones de *Pinus radiata* y cómo su adecuado manejo puede evitar un empobrecimiento paulatino y una reducción irreversible de la productividad del sitio.



2.1 Suelos forestales

El suelo es una porción de la superficie de la tierra que sirve como medio de sustentación a la vegetación; está formado por material orgánico y mineral difundidos por cantidades variables de agua y aire, y habitado por organismos. La capa de materia orgánica conocida como piso forestal corresponde al material vegetal acumulado sobre el suelo mineral. Se compone de tres horizontes: la litera (L), que es material orgánico no alterado; el horizonte F o de fermentación, que es material parcialmente descompuesto; y el horizonte H (humus), consistente en materia orgánica totalmente descompuesta (Haro, 1971).

El suelo es uno de los factores importantes del sitio y de la productividad forestal (Toro, 1986). Según Peña *et al.* (1976), los suelos forestales son verdaderos almacenadores de energía, ya que la energía solar es captada por el tejido fotosintetizador de los vegetales

e incorporada al suelo mineral como humus. Su capacidad para mantener e incrementar la materia orgánica es posiblemente el carácter más sobresaliente que los diferencia de los suelos agrícolas.

Desde el punto de vista de la producción, el humus es de primera importancia ya que aumenta considerablemente la capacidad de retención de humedad y de elementos nutritivos de los suelos forestales, especialmente si son del tipo arenoso (Donoso, 1981). El humus mejora las características generales del suelo y aumenta considerablemente el crecimiento de los árboles.

El suelo forestal exhibe características específicas adquiridas bajo la influencia de tres factores pedogenéticos poco comunes a otros suelos; estos son la litera forestal, las raíces de los árboles y los organismos específicos, cuya existencia depende de la presencia de la vegetación. En la mayoría de los suelos forestales gran parte de los nutrientes esenciales vienen de la litera que anualmente llega al suelo y es descompuesta por micro y macroorganismos, cuya actividad es fundamental en el mantenimiento de las propiedades físicas del suelo y en la dinámica del ciclo de nutrientes en el ecosistema forestal (Bocic, 1972).

2.1.1 Ciclo de nutrientes. El ciclaje de nutrientes es el proceso por el cual los minerales ingresan a los árboles, retornan al suelo como componentes del material orgánico y luego son reabsorbidos por las plantas. Este proceso se inicia en el momento en que una plantación es establecida en un predio, comenzando allí la extracción de nutrientes desde el suelo, los cuales son absorbidos por las raíces e incorporados a las plantas (Toro, 1986). Heal (1979), citado por Carey *et al.* (1982), afirma que este ciclaje

depende de la tasa de descomposición de la materia orgánica, la cual depende a su vez del microclima del piso forestal, del suelo sobre el que se desarrolla ese piso y de la composición física y química de la litera; Versfeld y Donald (1991) afirman que *Pinus radiata* cicla sus nutrientes muy rápidamente, lo cual explica en parte su éxito en sitios pobres.

Las cantidades de nutrientes que la actividad forestal extrae del sistema son bajas, debido a los largos periodos de tiempo entre establecimiento y cosecha de las plantaciones; además, la madera, el principal producto a extraer del bosque, es relativamente pobre en nutrientes (Francke, 1988; TABLA 1); ésto en relación a la extracción de nutrientes por parte de los cultivos agrícolas en los que se saca casi la totalidad de la masa vegetal en cosechas anuales. Las plantaciones de especies de corta duración son más exigentes y producen una extracción mayor de nutrientes del sistema (Alarcón y Cabrera, 1995).

TABLA 1. RANGO DE CONCENTRACION DE NUTRIENTES (% ps) EN COMPONENTES DE BIOMASA DE *Pinus radiata*.

Nutrientes		Acículas	ramas		Conos	Tronco	
			vivas	muertas		madera	corteza
N	min	1.18	0.23	0.13	0.47	0.028	0.17
	max	1.47	0.41	0.28	0.69	0.082	0.35
P	min	0.09	0.03	0.01	0.07	0.005	0.02
	max	0.18	0.05	0.04	0.11	0.013	0.05
K	min	0.66	0.25	0.08	0.16	0.062	0.17
	max	0.99	0.43	0.24	0.21	0.101	0.66
Ca	min	0.12	0.13	0.18	0.02	0.033	0.13
	max	0.41	0.35	0.41	0.03	0.052	0.24
Mg	min	0.12	0.06	0.06	0.04	0.018	0.07
	max	0.18	0.11	0.09	0.09	0.022	0.09

fuentes: Madgwick (1985)

El ciclo de nutrientes en el bosque depende considerablemente de la movilización y disponibilidad de los nutrientes que se encuentran en la hojarasca y en los horizontes orgánicos superficiales del suelo mineral. Esta disponibilidad es menor en el material de mayores dimensiones, como en el fuste, donde la concentración de nutrientes tiende a ser menor. Consecuentemente, las operaciones de cosecha remueven una mayor proporción de materia seca que de nutrientes (Madgwick y Webber, 1987).

En nuestro país, un estudio realizado por el Instituto Forestal determinó que en una plantación de *Pinus radiata* de 22 años, establecida en suelos arenosos, en la que las ramas, ramillas y acículas representaban el 16.5% del peso seco total, el 70% del nitrógeno (N), 71% del fósforo (P) y 49% del potasio (K) estaba contenido en estos componentes (Infor-Corfo, 1986).

2.1.2 Fertilidad de suelos y manejo. La fertilidad del suelo está determinada fuertemente por la capacidad de almacenamiento de agua (alta en suelos francos y baja en suelos arenosos), además de estar condicionada por el material parental (Francke, 1988). Por lo mismo, y en relación a la humedad disponible, los suelos con elevados porcentajes de arena y bajos en arcilla tienen generalmente poca capacidad de retención de agua y una baja fertilidad (Donoso, 1981). En relación al material parental, Francke (1988) afirma que las deficiencias nutricionales dependerán, en cuanto a magnitud y momento en que se manifiesten, de las reservas de nutrientes disponibles y suministrables en el suelo. La competencia por nutrientes, sin embargo, es difícil de diferenciar de la competencia por agua, ya que esta última influye sobre la disponibilidad de nutrientes (Nambiar *et al.*, 1984; citados por Richardson, 1993); Farrell (1984) resume lo anterior afirmando que la falta de crecimiento en las

plantaciones puede estar explicada por la presencia en cantidades subóptimas de humedad y de nutrientes, que son los dos factores que más determinan el crecimiento de los árboles en un área particular. En este sentido Alarcón y Cabrera (1995) concluyen que, en el sistema clima-suelo-planta, el suelo es el determinante en la sustentabilidad biológica, física y económica del recurso, por lo que su mantenimiento, mejoramiento y/o recuperación son esenciales y prioritarias para la productividad de las futuras rotaciones. Según Carrasco (1989), en el manejo de suelos forestales es básico considerar la mantención o mejoramiento de la productividad de los suelos, razón por la cual cualquier práctica o faena debe diseñarse o adaptarse en función de esta premisa.

En el largo plazo, la repetida cosecha de cualquier cultivo, agrícola o forestal, causa una disminución en la fertilidad del suelo por el simple hecho que los cultivos van extrayendo nutrientes. Este fenómeno se revierte con fertilizantes y en ocasiones basta con establecer plantas fijadoras de N o dejar los desechos de la cosecha en el sitio (Donoso, 1993). La fertilidad del suelo forestal es afectada principalmente por técnicas y prácticas de cosecha como tala rasa, desbroce, quema de desechos, sistemas de cosecha, etc., las que favorecen la exportación de nutrientes del rodal. En el descortezado, por ejemplo, realizado en caminos de cosecha o en aserraderos, se pierde alrededor de un 40% o más de nutrientes que al efectuarlo en el lugar de tala. En cosechas mecánicas del árbol completo, donde se deja sólo una pequeña parte del árbol en el rodal, las pérdidas nutritivas son mayores. Al quemar desechos hay pérdidas de N y S por volatilización; elementos como P, Ca y K permanecen en la superficie, pero pueden escurrir y ser lixiviados fácilmente en zonas lluviosas y de altas pendientes (Francke, 1988).

Betz y Cappell (1973), citados por Bravo (1984), indican que en la cosecha de coníferas

en EE.UU. más del 25% del volumen bruto original permanece en el bosque. En Chile Muñoz (1983), citado por Bravo (1984), determinó que el 9.9% del volumen en pie quedó como residuo en un bosque de la zona de Malleco, y que en el área de Lomas Coloradas una faena de corta dejó un 25% de volumen de residuos en relación al volumen en pie.

El balance de nutrientes se mantiene cuando el aprovechamiento de los árboles está limitado al fuste comercial ya que los nutrientes extraídos del sistema al sacar el fuste se compensan con los aportes naturales del ecosistema. Sin embargo, al extraer el árbol completo se produce una disminución de los nutrientes esenciales, pudiendo transformarse en un problema en sitios pobres (Young, 1978; citado por Bravo, 1984). Hall (1984) confirmó que la cosecha y preparación de sitio en plantaciones de pino puede remover o redistribuir cantidades considerables de N y presumiblemente de otros nutrientes.

Los suelos arenosos profundos y gruesos a menudo sostienen cultivos deficientes de pinos, cedros, robles arbustivos y otras especies con bajos requerimientos de humedad y nutrientes (Pritchett, 1991), para los cuales Donoso (1981) recomienda la dispersión en el bosque del material de desecho. Russell y Russell (1954) afirman que mantener la mayor cantidad posible de materia orgánica en la superficie del suelo es la mejor manera de aumentar la capacidad de retención de agua de la superficie de plantación, y también de mantener una provisión adecuada de elementos nutritivos, sin pérdidas demasiado elevadas por lixiviación.

Un mayor crecimiento inicial se logra con el mejoramiento en las condiciones de

humedad, mejor aireación y aumento de la cantidad de nutrientes disponibles en el sitio (Burger y Pritchett, 1988). Una distribución irregular de las lluvias y una baja capacidad de almacenamiento de agua en el suelo pueden generar una carencia de humedad disponible, lo que puede limitar el crecimiento aún en áreas con alta pluviometría (Richardson, 1993). En los sitios que tienen por factor limitante a la aridez, coberturas de malezas tan bajas como 5-10% pueden reducir el crecimiento del *Pinus radiata* por estrés hídrico (Nambiar y Zed, 1980; citados por Richardson, 1993). La eliminación de la competencia del pasto en rodales de cuatro años aumenta el crecimiento al disminuir este estrés (Clinton y Mead, 1990; citados por Richardson, 1993). Francke (1988) concluye que los factores que determinan la fertilidad del suelo, como son la dotación de elementos nutritivos, la saturación de bases, el humus y la porosidad del suelo, pueden ser influidos silviculturalmente. Por ejemplo, la dotación de elementos nutritivos puede ser influenciado por fertilización mineral y plantación con especies de raíces profundas; la saturación de bases por fertilización mineral, abono verde y elección de la especie; el humus por fertilización mineral, trabajos de laboreo del suelo, elección de la especie, tratamientos y cuidados culturales; y la porosidad por medidas tendientes a favorecer la actividad de microorganismos, trabajos de laboreo del suelo y drenaje .

2.2 Residuos forestales

2.2.1 Influencia de los residuos de cosecha sobre las propiedades de los suelos. Las especies forestales ejercen influencia sobre las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo, imprimiéndole determinadas características que dependerán, entre otros factores, del género, sistema radicular, hábitat de crecimiento, forma húmica y requerimientos hídricos y nutricionales de la especie. Estas características, unidas a la

selección del sitio de plantación e intensidad de aplicación del modelo tecnológico de manejo forestal (prácticas de manejo), determinarán la magnitud de los efectos en la fertilidad y productividad del sitio forestal en el largo plazo (Francke, 1993).

La cama de litera y residuos de cosecha conservan nutrientes y materia orgánica, reduciendo las aplicaciones de fertilizantes necesarios para mantener el estado nutricional del ecosistema y constituyen un reservorio de materia orgánica. Los residuos conservan el suelo, ya que reducen la erosión hídrica y eólica, además de reducir el impacto de las gotas de lluvia sobre la estructura superficial del suelo; conservan la humedad del suelo al reducir la evaporación, debido al aislamiento del suelo, y la transpiración por la supresión de las malezas. Además, moderan la temperatura del suelo, lo que unido al mayor contenido de humedad permite la exploración radicular de suelo superficial rico en nutrientes, generando un medio más favorable para la mineralización de N durante un mayor periodo en el año (Farrell, 1984). La retención de residuos ayuda además a mantener reservas de carbono orgánico, el que a su vez afecta a las reservas de N del suelo, la dinámica del N, la disponibilidad del P y la capacidad de intercambio catiónico en suelos arenosos (Carlyle, 1993).

La materia orgánica puede afectar profundamente la disponibilidad de agua en suelos arenosos por su efecto sobre la cantidad de agua retenida en el suelo y el alcance al que las raíces pueden explorar el suelo (Sands, 1982; citado por Squire *et al.*, 1991), aumentando fuertemente las tasas de mineralización del N (Hopmans *et al.*, 1979; citados por Squire *et al.*, 1991).

Según Fiegenbaum (1983), citado por Bonnefoy (1992), la materia orgánica influye sobre las propiedades físicas y químicas de los suelos funcionando como granulador de

las partículas minerales, mejorando así la aireación del suelo. Además, aumenta la cantidad de agua contenida en ellos, es fuente de nutrientes (especialmente N -única fuente-, P y S) y de energía para los microorganismos del suelo; influye también en la capacidad de intercambio catiónico.

2.2.2 Resultados del manejo de residuos de cosecha. Ruth y Harris (1975), citados por Bravo (1984), reconocen que los desechos forestales provenientes de las distintas faenas silvícolas influyen fuertemente en la planificación del manejo forestal. Estos influyen en los programas de manejo del fuego, de fertilización y fumigación, en los de reforestación y también en la productividad del sitio. En el pasado, los desechos de cosecha han sido considerados un problema al establecer nuevas plantaciones de *Pinus radiata*, por constituir un riesgo de incendio y entorpecer las operaciones de plantación, fertilización y control de malezas. Por ejemplo, Francke (1992) reportó una reducción del 10 a 15% de prendimiento debido a que los residuos no fueron astillados ni distribuidos regularmente sobre la superficie del suelo mineral, lo que dificultó el establecimiento de la reforestación. Una solución a este problema es la quema de los residuos que además controla y evita la regeneración natural, pero esto a expensas de la conservación de nutrientes y materia orgánica (Squire, 1983). Al quemar los desechos una proporción significativa de los nutrientes contenidos en ellos se pierde del sitio (Flinn *et al.*, 1979; citados por Farrell, 1984), con el resultado adicional que al aumentar la temperatura del suelo se ven favorecidas algunas especies de hongos que dañan a las coníferas jóvenes y ocasionan su caída en los lugares quemados (Francke, 1988).

En los últimos años en Europa se han establecido numerosas consideraciones en relación al tratamiento de los desechos de cosecha reconociéndolos como

almacenadores de gran cantidad de nutrientes, y como moderadores de la mineralización de la hojarasca y cubiertas húmicas, retrasándola por su acción de estrata aislante, además de mejorar las condiciones para el establecimiento de la nueva regeneración (Francke, 1988). Además, la retención de residuos evita una potencial polución atmosférica debida al humo de las quemas -una importante consideración medioambiental en plantaciones cercanas a centros poblados (Squire *et al.*, 1991).

El dejar en el rodal los residuos de cosecha tiene un efecto tipo mulch que, además de minimizar los procesos erosivos, influye en el microclima adyacente al suelo, favoreciendo así el régimen térmico e hídrico de éste y elevando sus reservas húmicas, lo que beneficia a los árboles que forman la reforestación. Lawes y Gilbert (1855), citados por Russell y Russell (1954), afirman que los efectos beneficiosos de estas reservas de materia orgánica en el suelo se deben al aumento en la cantidad de compuestos nitrogenados utilizables del medio. Boomsma y Hunter (1990) recomiendan prácticas como el mulching para sitios secos.

Hopmans *et al.* (1993) monitorearon el crecimiento y nutrición de los árboles durante 15 años, observando que la retención de residuos como mulch resultó en un aumento del crecimiento inicial de *Pinus radiata* (comparado con sitios donde la preparación de sitio se realizó con quema o despeje de residuos), con niveles generalmente mayores de N, niveles foliares de P y Zn al menos similares a los otros tratamientos y niveles de otros nutrientes, como Ca, Mg, Fe, Mn y Cu no afectados significativamente por la preparación del sitio. En cuanto al crecimiento de los árboles, la retención de residuos produjo un pequeño pero significativo mejoramiento de la altura sólo a los 5 y 8 años y un aumento considerable del crecimiento diametral.

Farrell (1991) analizó el efecto del mulch de residuos de cosecha sobre el agua y temperatura del suelo, y en el crecimiento inicial de plantaciones de *Pinus radiata* en suelos arenosos en el suroeste de Victoria (Australia), concluyendo que el mulch conserva la humedad en los 10 cm superficiales del suelo (por una reducción de la evaporación), reduce significativamente la temperatura del suelo durante primavera y verano (comparado con un suelo desnudo) y mejora significativamente todos los parámetros de crecimiento de las plantaciones. En este sentido, Burger y Pritchett (1988) concluyeron que los suelos arenosos son particularmente sensitivos a las prácticas de manejo, las que pueden resultar en pérdidas significativas de C y N.

En Chile, Francke (1991) evaluó los efectos de diferentes tratamientos de manejo y uso de los residuos de cosecha en suelos de textura arenosa durante el primer año de aplicación. Sus resultados indican severas disminuciones en los niveles de materia orgánica en el suelo producto de la quema de residuos orgánicos, lo que indicaría la conveniencia de no quemar en estos suelos, sometidos a mayores procesos de lixiviación; además, la quema podría afectar los niveles de Boro (B). El nivel de N disponible fue mayor al retener residuos y no hubo mayor diferencia entre este tratamiento y la modalidad de quema en la que los restos fueron arrumados antes de quemar. Por último, en relación al desarrollo inicial de la plantación, la sobrevivencia alcanzó valores superiores al 95%; el crecimiento en altura se vio afectado positivamente por los distintos tratamientos que no incluían quema de residuos, con diferencias de aproximadamente 30 cm; el crecimiento diametral se afectó negativamente en estos mismos tratamientos. Para Alarcón y Cabrera (1995), sin embargo, la permanencia y astillado de los residuos no sólo afectó positivamente la fertilidad del sitio y la altura de plantas sino también el diámetro de cuello de las

mismas (esto a cinco años de realizada la plantación). Smethurst y Nambiar (1990), en cambio, no encontraron claras diferencias de crecimiento atribuibles a la retención de residuos, aunque retenerlos influyó fuertemente sobre la materia orgánica y N. Carey *et al.* (1982) afirman que hay una gran relación entre las cantidades de materia orgánica y de nutrientes presentes en el piso del bosque (especialmente N, P, K y Mg); sin embargo, el estado nutricional de los árboles y su crecimiento no depende directamente de ellos, sino de que los nutrientes estén disponibles y no inmovilizados en el suelo.

Russell y Russell (1954) enumeran una serie de factores que tienen implicancia en el crecimiento de organismos vegetales. Entre ellos se puede mencionar las variables relacionadas con el agua, esto es el tipo, cantidad y calidad de agua; con el suelo, como son la textura, porosidad, estructura, presencia de estratas duras, acidez y alcalinidad; con los nutrientes, presencia de ellos, cantidad y proporción relativa. Además, se puede esperar una respuesta diferente en el crecimiento producto de la procedencia de plantas, estado sanitario de las mismas y técnica de plantación.

2.2.3 Retención de residuos para una productividad sostenida. Según Dyck y Beets (1987), la productividad del sitio a largo plazo depende principalmente de la reserva de nutrientes en el sitio, de la cantidad de nutrientes removidos en la cosecha y del tipo e intensidad de las operaciones de preparación de sitio post cosecha.

Es muy raro aquel suelo capaz de abastecer todos los elementos durante largos periodos en cantidades suficientes para producir altos rendimientos (Millar *et al.*, 1961). Una comunidad forestal absorbe anualmente casi tantos nutrientes de una hectárea de suelo como algunos cultivos agrícolas; sin embargo, menos de una tercera parte de los

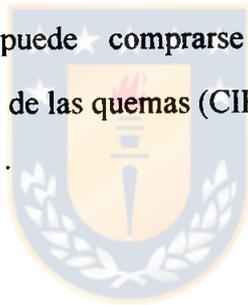
nutrientes absorbidos se inmovilizan en la madera del fuste y en la corteza, en tanto que el resto es devuelto a la reserva del suelo en el follaje, ramas, frutos y raíces (Pritchett, 1991).

Usando fertilizantes se puede reemplazar nutrientes, al menos temporalmente, pero no necesariamente se reemplazará a la materia orgánica, la cual juega un rol importante en la fertilidad del suelo, humedad, estructura, aireación y resistencia a la erosión (Balneaves y Dyck, 1992). En el sureste de Australia, por ejemplo, la quema de desechos de cosecha ha resultado en una evidente disminución de la productividad entre rotaciones sucesivas de coníferas, por la pérdida de C y N contenido en residuos, litera y superficie del suelo. Keeves (1966), citado por Carlyle (1993), indica que la disminución del crecimiento en área basal debida a la quema de residuos de cosecha en plantaciones de *Pinus radiata* entre primera y segunda rotación fue de 25 a 30%.

Existen varios ejemplos en los cuales los pinos de la segunda rotación presentan, en el mismo sitio, un nivel inferior de productividad que los de la primera rotación; todos los ejemplos se refieren a sitios de baja calidad (Daniel *et al.*, 1982). Sin embargo, también los hay de declinaciones no substanciales (Whyte, 1973; Evans, 1978; citados por Francke, 1993) y de efectos positivos, al menos en lo que a altura de plantas se refiere (Squire *et al.*, 1985, citado por Francke, 1993). Toro (1986) afirma que se deben manejar criteriosamente tanto los desechos de cosecha como las capas orgánicas que permanecen sobre el suelo mineral para evitar un empobrecimiento paulatino del sitio y una reducción irreversible de la productividad del mismo. La cantidad de nutrientes removidos en la biomasa de fustes cosechados es relativamente pequeña en comparación con las reservas en la mayoría de los sitios (Webber y Madgwick, 1983).

Consecuentemente, es prioritario aceptar y practicar el principio de retener la litera y los residuos de cosecha como fuente de nutrientes y como mulch para conservar la humedad del suelo y disminuir el uso de herbicidas. Squire (1983) afirma que en suelos arenosos infértiles no sólo es esencial conservar la materia orgánica sino es probable que ésta sea la única forma confiable de mantener la productividad del sitio.

Una experiencia en el sector agrícola que es interesante de destacar es la promoción en las comunas de Buín y Paine, por parte de Conaf, de la eliminación de desechos agrícolas, provenientes de podas de árboles frutales y parronales, utilizando maquinarias picadoras como alternativas al uso del fuego. La técnica aporta a la recuperación del suelo deteriorado. La máquina puede comprarse o arrendarse y el valor jornada/hombre/hectárea es inferior al de las quemas (CIPMA, 1995).



III. MATERIALES Y METODOS

3.1 Materiales

La toma de datos en terreno se hizo en el predio El Ajial, propiedad de la Corporación Nacional Forestal, ubicado en la comuna de Pemuco, provincia de Ñuble, el que se caracteriza por la mala calidad nutricional del suelo debido a su origen (arenales) y la existencia de un periodo excesivamente prolongado de sequía (noviembre-marzo), lo que limita el desarrollo adecuado de especies forestales. El sitio se describe topográficamente como de posición baja, ondulado a ligeramente quebrado. Es un terreno moderadamente árido, susceptible a erosión eólica, con restricción moderada al arraigamiento. La textura superficial del suelo es gruesa con excesivo drenaje, correspondiendo a las series de suelo Mininco (Mi) y Human (Hu). La fórmula geomorfológica y de tipo de suelo es la siguiente:

Geomorfología.....	2 E b 5
Suelo y factores limitantes.....	<u>Hu 101</u> Mi dvtr
Capacidad de uso.....	VII

Las plantas establecidas en el predio proceden de tres viveros: dos de propiedad de Forestal Mininco, ubicado uno en Colicheo y el otro en Los Angeles, los que en este estudio se denominaron "FORMIN co" y "FORMIN La" respectivamente; y el tercero, un vivero de Forestal Chile ubicado en Coihueco (ForChi). En el análisis estadístico de los datos se les llamará viveros 1, 2 y 3 respectivamente. En la plantación participaron tres cuadrillas procedentes de Coihueco, Chillán y San Pedro, que se denominaron cuadrillas 1, 2 y 3 respectivamente.

La unidad muestral fue la planta, en la que se midió la cobertura de desechos, el diámetro de cuello y la altura total, utilizándose para ello un armazón de madera de 1 x 1 m (FIGURA 1), un pie de metro y una huincha de distancia metálica, respectivamente.

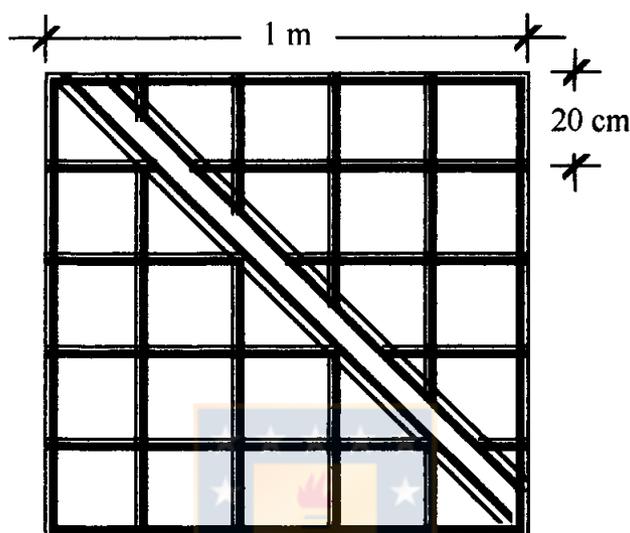


FIGURA 1. Armazón para la determinación de cobertura de desechos.

El sector en estudio tiene una superficie de 72 ha, la que se separó según la procedencias de las plantas, las cuadrillas de plantación y sector (esto último según diferencias de altura entre los sectores, siendo el sector 1 el más alto y el 3 el más bajo y cercano al río Itata), formando las siguientes combinaciones de factores, a las que se llamó "estratos" (TABLA 2; FIGURA 2):

TABLA 2. CARACTERIZACION DE LOS ESTRATOS SEGUN VIVEROS, CUADRILLAS DE PLANTACION Y SECTOR EN TERRENO.

	SECTOR 1		SECTOR 2		SECTOR 3
	V I V E R O S				
Cuadrillas	FORMIN co	FORMIN La	FORMIN La	ForChi	ForChi
Coihueco	E 1	E3	E 5		E 7
Chillán	E 2			E 6	
San Pedro			E4		E8

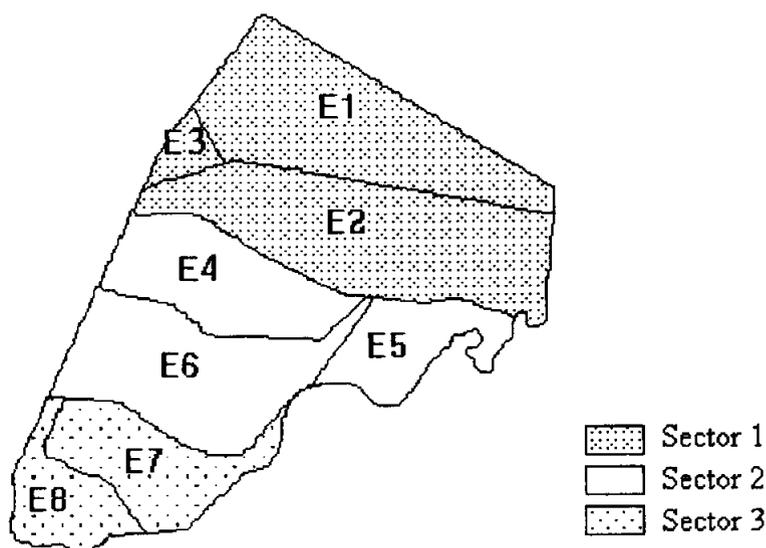


FIGURA 2. Distribución de los estratos en terreno.

3.2 Métodos

3.2.1 Medición. El muestreo en terreno se realizó siguiendo un diseño de muestreo aleatorio estratificado con asignación constante de unidades muestrales. Sobre una superficie de una hectárea, en cada estrato, se muestreó aleatoriamente 100 plantas. En cada unidad de muestreo se midieron las variables diámetro de cuello (dac), altura total (h), sobrevivencia (S), y la cobertura de desechos (C). La planta recibió valoración 1 ó 0, si estaba viva o no; la sobrevivencia de las plantas se estimó sumando estos valores por estrato. El diámetro de cuello se midió a una altura cero respecto a la superficie del suelo; la altura se consideró como la distancia entre el extremo apical de la copa viva de la planta y la superficie del suelo; la cobertura de desechos se estimó sumando el valor de cobertura de desechos en cada una de las 25 casillas del armazón de madera (FIGURA 1); el valor en cada casilla fué 1 si tenía una cobertura superior a 50% y 0 si era menor. Así, la cobertura varió entre 0 y 25 (0 y 100%), abarcando

26 clases diferentes.

3.2.2 Análisis estadístico

3.2.2.1 Efecto de la cobertura de desechos sobre la sobrevivencia. Para determinar el efecto de la cobertura de desechos sobre la sobrevivencia se hizo un ajuste de regresión lineal entre sobrevivencia de plantas y cobertura de desechos utilizando un modelo de la forma siguiente ajustado con todos los datos obtenidos en todos los estratos:

$$S_i = a + b \sqrt{C_i}$$

donde :

S_i : sobrevivencia de plantas (%) en el i-ésimo nivel de cobertura de desechos.

C_i : cobertura de desechos (%).

a y b : coeficientes de regresión.

$$S_i = 100(Vc_i / Tc_i)$$

Vc_i : número de plantas vivas en el i-ésimo nivel de cobertura.

Tc_i : número total de plantas muestreadas en el i-ésimo nivel de cobertura.

Para analizar el efecto de la cobertura de desechos sobre la sobrevivencia total de las plantas se calculó el coeficiente de correlación muestral (r) y el error estándar de estimación (EEE). Además, se observó gráficamente la tendencia de la sobrevivencia de plantas en función de la cobertura de desechos.

3.2.2.2 Determinación del efecto del sector de plantación, procedencia de plantas y cuadrillas de plantación sobre la sobrevivencia. El estadístico Z utilizado para responder acerca de la diferencia de sobrevivencia entre viveros, sectores y cuadrillas de plantación es de la forma:

$$Z = \frac{n_2 s_1 - n_1 s_2}{\sqrt{\frac{n_1 n_2 s (n - s)}{n}}}$$

donde :

s_i : número de plantas vivas en el i-ésimo grupo.

n_i : número de plantas muestreadas en el i-ésimo grupo.

s : $s_i + s_j$.

n : $n_i + n_j$.

La razón s_i / n_i corresponde a la proporción de plantas vivas en el i-ésimo grupo. Se define como grupo al conjunto de plantas en un nivel del factor en análisis; por ejemplo, FORMIN co, FORMIN La y ForChi son los tres grupos del factor "Procedencia de plantas". Con estos resultados se categorizaron los grupos según niveles de sobrevivencia, entendiéndose por categoría al conjunto de estratos, viveros, cuadrillas o sectores con igual sobrevivencia.

3.2.2.3 Efecto de los desechos sobre el crecimiento inicial. Para determinar si había relación lineal entre la cobertura de desechos y el crecimiento en diámetro y en altura de las plantas se efectuó un análisis de correlación. Los modelos ajustados son del tipo:

$$\begin{aligned} h &= a + b C \\ dac &= a + b C \end{aligned}$$

donde :

h : altura total (cm).

dac : diámetro de cuello (mm).

C : cobertura de desechos (%).

En el análisis de correlación se utilizó el coeficiente de correlación de rangos de Spearman debido a la no-normalidad de la cobertura de desechos, la que se comprobó

mediante una prueba Chi-cuadrado:

$$X^2 = \sum \frac{(f_o - f_e)^2}{f_e} \sim X^2 (k - l - 1)$$

donde :

f_o : frecuencia observada en terreno.

f_e : frecuencia esperada si se cumple la normalidad.

k : número de intervalos en la ordenación de la cobertura (en este caso $k = 26$).

l : número de parámetros poblacionales desconocidos (dos parámetros en el caso de la distribución normal: μ y σ^2)

En el análisis de correlación, primero se obtuvieron los coeficientes de correlación en un ajuste general para ambas relaciones (h-C y dac-C), considerando el total de plantas vivas muestreadas (630); luego se obtuvieron los coeficientes de correlación en los estratos y grupos (viveros, sectores y cuadrillas), documentando su significancia estadística con la prueba "t" correspondiente.

$$t = \frac{r \sqrt{n-2}}{\sqrt{1 - r^2}} \sim t (n-2)$$

donde :

r : coeficiente de correlación muestral.

n : tamaño de la muestra.

t : estadístico t-Student con (n-2) grados de libertad.

Luego de determinado el efecto de la cobertura de desechos sobre el crecimiento inicial, evaluado a partir del ajuste general, se evaluó el efecto de la procedencia de las plantas, sector y cuadrillas de plantación, utilizándose para ello el análisis de covarianza. Esta metodología de análisis permitió evaluar diferencias de crecimiento entre procedencias, por ejemplo, separadamente del efecto de la cobertura de desechos.

Se estudiaron las diferencias entre las procedencias utilizando como variable dependiente (Y) a las variables de crecimiento (h y dac) ajustadas o controladas por la variable X (cobertura de desechos). En la TABLA 3 se presenta la estructura del análisis de covarianza.

TABLA 3. COMPONENTES DEL ANALISIS DE COVARIANZA PARA DETERMINAR EL EFECTO DE LA PROCEDENCIA DE PLANTAS SOBRE EL CRECIMIENTO.

	gl	Σx^2	Σxy	Σy^2	gl'	$\Sigma y'^2$ cuadrado medio	Fm
Entre viveros	k-1				k-1	CME	CME/CMD
Dentro de viveros	N-k				N-k-1	CMD	
Total	N-1				N-2		

En la TABLA 3:

- y' : son residuos ($Y - \bar{Y}_x$)
- x : $X_{ij} - \bar{X}_{..}$
- y : $Y_{ij} - \bar{Y}_{..}$
- xy : $(X_{ij} - \bar{X}_{..})(Y_{ij} - \bar{Y}_{..})$
- k : número de procedencias ($k=3$)
- n_j : tamaño de muestra de la j-ésima procedencia
- N : número total de observaciones muestreadas
- $\bar{X}_{..}$: promedio general de cobertura
- $\bar{Y}_{..}$: promedio general de Y (h o dac)
- X_{ij} : observación i-ésima en la j-ésima procedencia

Los residuos son las diferencias entre los valores observados de las variables de crecimiento (Y) y los valores estimados a partir de la cobertura de desechos(), el estadístico de prueba es:

$$F(k-1, N-k-1) = CME / CMD$$

donde :

CME: cuadrado medio entre procedencias.

CMD: cuadrado medio dentro de procedencias.

Si F es significativo se concluye que hay diferencia en el crecimiento de las plantas atribuibles a la procedencia. Del mismo modo se determinó el efecto del sector y de la cuadrilla de plantación.

Cuando se detectó diferencia entre grupos interesó determinar cuáles grupos son diferentes y cuáles son los que presentan niveles superiores de crecimiento y de cobertura de desechos. Para ello se hizo comparaciones múltiples entre medias de altura, diámetro de cuello y niveles de cobertura de desechos, analizando la diferencia de cada par de grupos con una prueba t-Student.

$$t_m = \frac{\bar{X}_i - \bar{X}_j}{\sqrt{\frac{s_i^2}{n_i - 1} + \frac{s_j^2}{n_j - 1}}} \sim t(n)$$

donde :

t_m : valor "t" obtenido a partir de observaciones muestrales.

\bar{X}_i y \bar{X}_j : medias muestrales del contraste $\mu_i = \mu_j$

t : estadístico t- Student para n grados de libertad.

n : tamaño de la muestra menor en el par (i, j).

Se contrastaron tantas medias como combinaciones posibles de dos muestras hubieron. En el caso de los estratos, son 28 las combinaciones posibles al hacer el contraste de medias entre dos estratos, y para los viveros, sectores y cuadrillas de plantación son tres

las combinaciones posibles. Estos contrastes permitieron categorizar los grupos según niveles de crecimiento y cobertura de desechos.



IV. RESULTADOS Y DISCUSION

4.1 Caracterización de grupos según variables de estado de la plantación

A continuación se presentan una serie de gráficos y tablas que caracterizan a los estratos según variables de desarrollo y presencia de desechos de cosecha.

4.1.1 Situación de estratos.

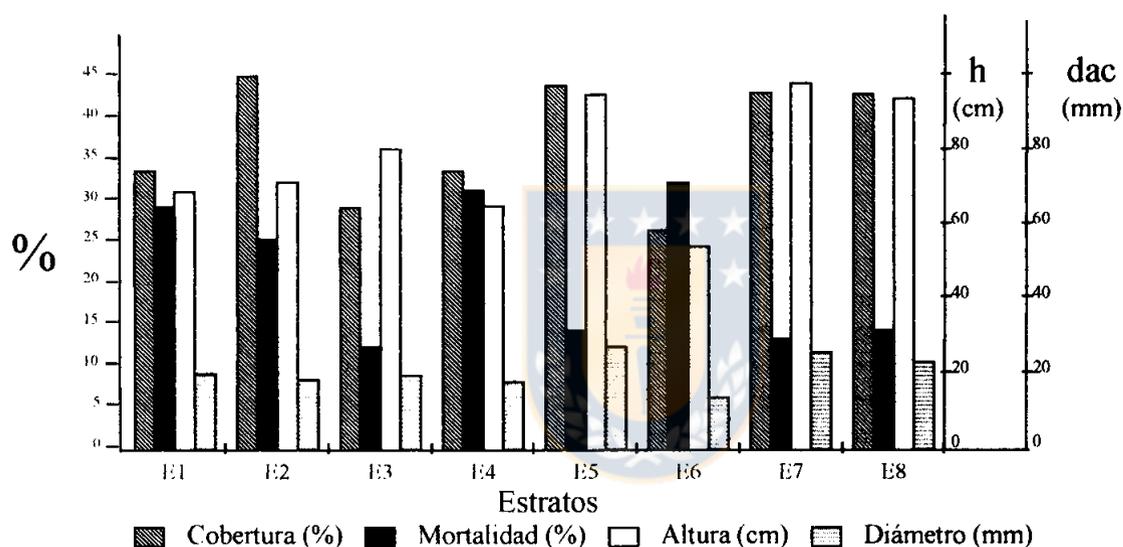


FIGURA 3. Estado de la plantación en cada estrato.

En la FIGURA 3 se muestra el crecimiento en altura, diámetro de cuello, mortalidad de las plantas y cobertura de desechos a dos años de establecida la plantación. Puede observarse que los estratos 5, 7 y 8 tienen en promedio una altura, diámetro de cuello y sobrevivencia superiores a las de los demás estratos. La significancia de esas diferencias se observa en la TABLA 4. De ahí se puede afirmar que, en general, los estratos con una menor cobertura de desechos promedio (categorías D y E) originan plantas con una categoría también inferior de h y dac, es decir, plantas más bajas y con

menores diámetros de cuello.

TABLA 4. CATEGORIA DE ESTRATOS PARA CADA UNA DE LAS VARIABLES.

Variables	Estratos							
	1	2	3	4	5	6	7	8
Cobertura (C)	DE	A	E	DE	B	E	BC	CD
Sobrevivencia	B	B	A	B	A	B	A	A
Altura (h)	C	BC	B	C	A	D	A	A
Diámetro (dac)	B	B	B	B	A	C	A	A

Nota: La misma letra en la categoría significa que no hay diferencias entre los grupos; y los rangos A, B...Z indican una declinación de la característica evaluada (por ejemplo, disminución en la proporción de plantas vivas).

Los estratos 5, 7 y 8 destacan con un crecimiento muy superior al de los restantes estratos; la cobertura de desechos promedio por planta en ellos fue de 43%. Aquellos con menor crecimiento (1, 2, 4 y 6) tienen una cobertura de desechos promedio de 34.5%. Esto indicaría que una diferencia de cobertura de 8.5% respecto a los primeros ocasiona una diferencia de 30.7 cm en la altura y 7.7 mm en el diámetro de cuello de las plantas.

4.2 Efecto de la cobertura de desechos sobre la sobrevivencia

La relación lineal ajustada entre la sobrevivencia (S) y la cobertura de desechos (C) es la siguiente:

$$S = 57.41 + 4.2 \sqrt{C}$$

El coeficiente de correlación lineal entre ambas variables, $r = 0.841$, es estadísticamente significativo ($P < 0.01$). El valor muestral de F es 57.88. Esto indica una fuerte relación

positiva entre los residuos y la sobrevivencia de las plantas. El error estándar de estimación (EEE) es 7.8%.

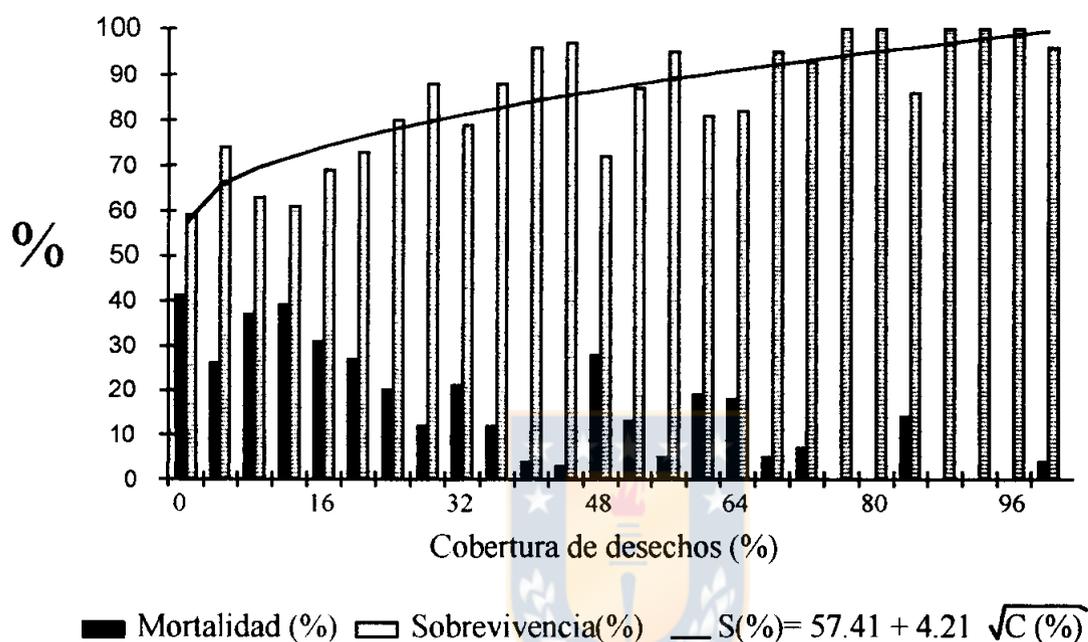


FIGURA 4. Efecto de la cobertura de desechos sobre la sobrevivencia de plantas a dos años de la plantación.

En la FIGURA 4 puede verse que las plantas mueren en mayor proporción con coberturas de desecho bajas, siendo la mortalidad levemente superior al 40% cuando no hay residuos alrededor de la planta. Este nivel disminuye cuando hay presencia de desechos. La sobrevivencia promedio es de 76.9% cuando la cobertura de residuos post cosecha comprende niveles menores a 50%, y 93.5% cuando es mayor.

Si bien la sobrevivencia aumenta para niveles de cobertura mayores, hay presencia de plantas vivas en todo el rango de cobertura de desechos, lo que demuestra una variación

en la capacidad de las plantas para soportar condiciones extremas de sequía, temperatura y disponibilidad de nutrientes.

4.2.1 Diferencia de sobrevivencia entre grupos. A continuación se resume la información de sobrevivencia en cada uno de los grupos (TABLA 5).

TABLA 5. SOBREVIVENCIA DE PLANTAS EN ESTRATOS, SECTORES, VIVEROS Y CUADRILLAS.

Grupos	1	2	3	4	5	6	7	8
Estratos								
Sobrevivencia (%)	71	75	88	69	86	68	87	86
Categoría	B	B	A	B	A	B	A	A
Sectores	B	B	A					
Viveros	B	A	AB					
Cuadrillas	A	AB	B					

Los estratos se pueden agrupar en dos categorías de sobrevivencia. La primera está formada por los estratos 3, 5, 7 y 8, con una sobrevivencia promedio de 87%; y la segunda, formada por los estratos restantes, con una sobrevivencia del orden de 71%.

Las diferencias en sobrevivencia pueden deberse, además del efecto de la cobertura de desechos ya verificado, a factores como la ubicación en terreno (los diferentes sectores), la procedencia de plantas o la cuadrilla de plantación (FIGURA 5). Se puede observar que en el sector 3 se da una sobrevivencia superior a la de los otros sectores sólo en niveles de cobertura inferiores a 55%. Del mismo modo puede notarse que entre viveros la diferencia no es tan notoria, pudiendo sólo afirmarse que el vivero 2 tiene una sobrevivencia superior al del vivero 1, y entre cuadrillas es la número 1 la que permite

una mayor sobrevivencia de plantas. En general, las diferencias entre grupos dependen del nivel de cobertura de desechos, pudiendo afirmarse que grupos y niveles de residuos interactúan.



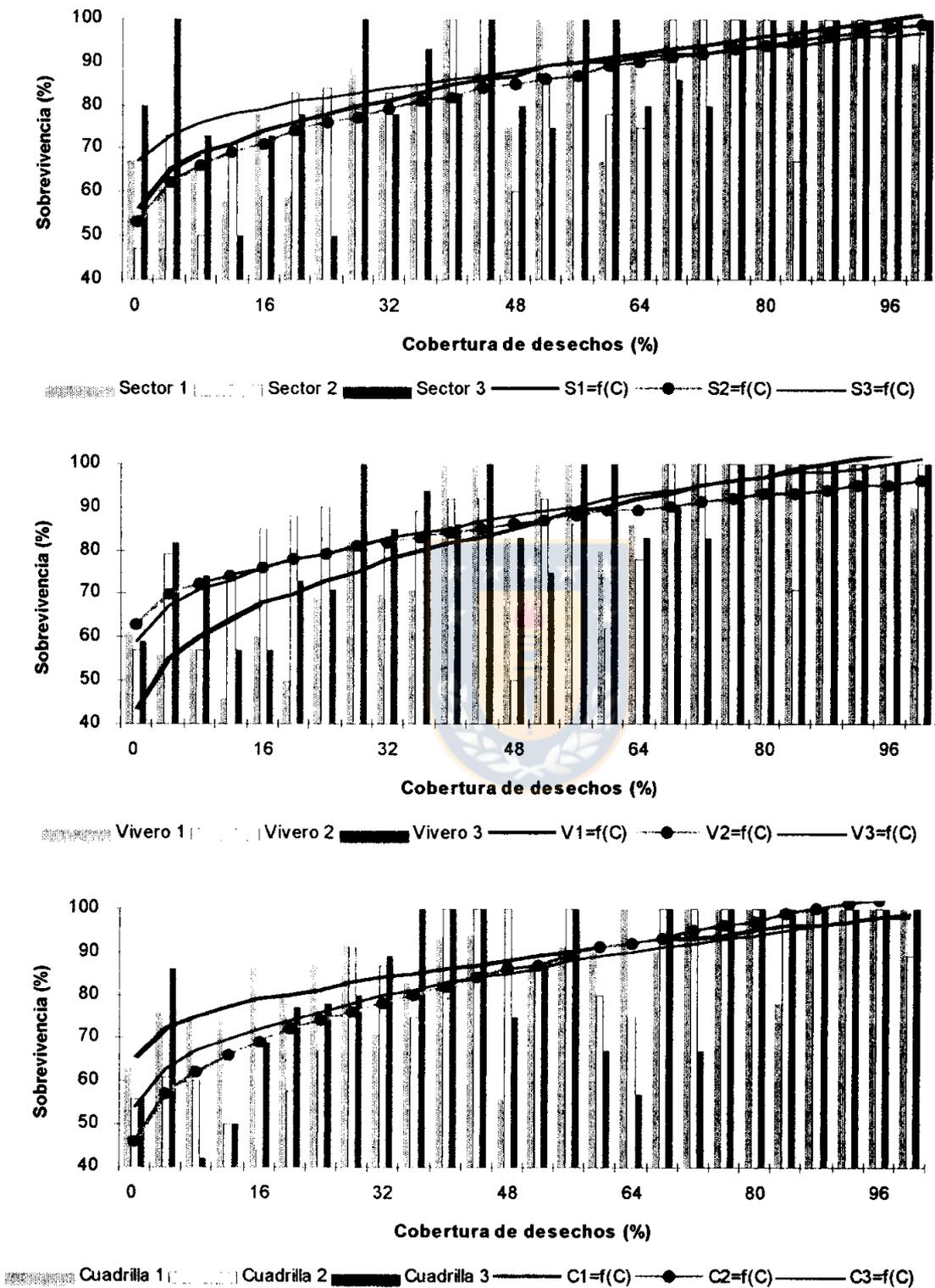


FIGURA 5. Diferencia en la sobrevivencia de sectores, viveros y cuadrillas.

4.3 Efecto de la cobertura de desechos sobre el crecimiento de las plantas

La figura que se presenta a continuación grafica la distribución de frecuencia absoluta para el análisis de normalidad de la cobertura de desechos. Se muestra la frecuencia observada en terreno (•) y la línea de tendencia aproximada.

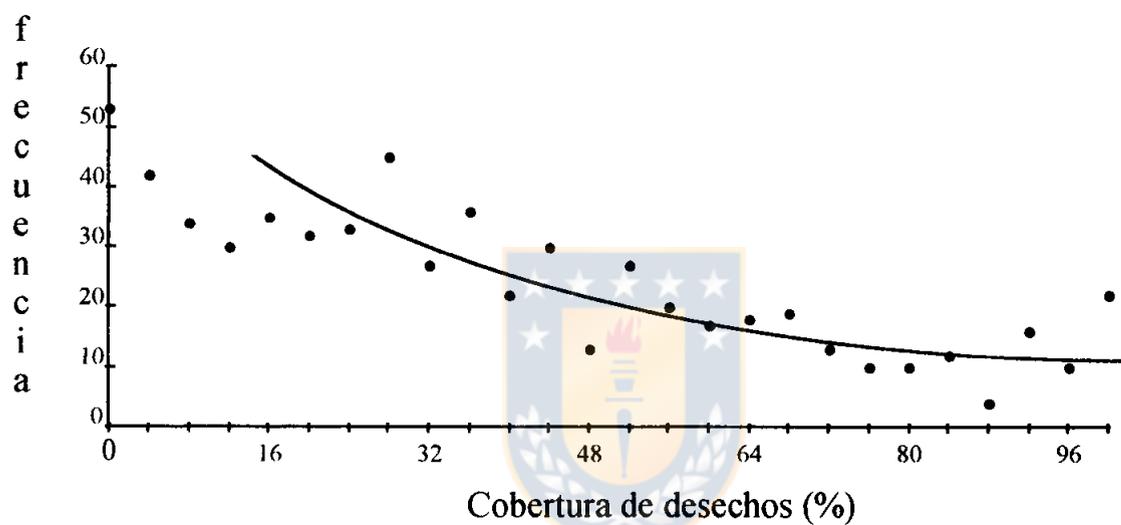


FIGURA 6. Distribución de frecuencia de la cobertura de desechos observada en terreno.

Los estadígrafos muestral y crítico para la prueba de bondad de ajuste (Chi-cuadrado) son 321.9* y 35.17 respectivamente ($\chi^2_{0.05}$ con 23 g.l.), lo que permite concluir que la cobertura de desechos no sigue distribución normal, requisito para el uso del coeficiente de correlación de Fischer. Esto también es claro al observar la FIGURA 6, la que evidencia que la frecuencia observada no sigue la tendencia de una distribución normal típica, lo que hace necesario el uso del coeficiente de correlación de rangos de Spearman en el análisis de la relación entre desechos y crecimiento.

4.3.1 Efecto de la cobertura de desechos sobre la altura total de las plantas. La relación entre la altura promedio de las plantas y el nivel de cobertura de desechos es positiva y lineal (FIGURA 7). El ajuste general promedio tiene los siguientes coeficientes:

$$h = 60.58 + 0.505079 C ; R^2 = 0.1669 ; EEE = 31.98; F_m = 128.25$$

donde:

h : altura total de plantas (cm).

C : cobertura de desechos (%).

R^2 : coeficiente de determinación ajustado.

EEE: error estándar de estimación.

F_m : valor de F muestral.

n : 630

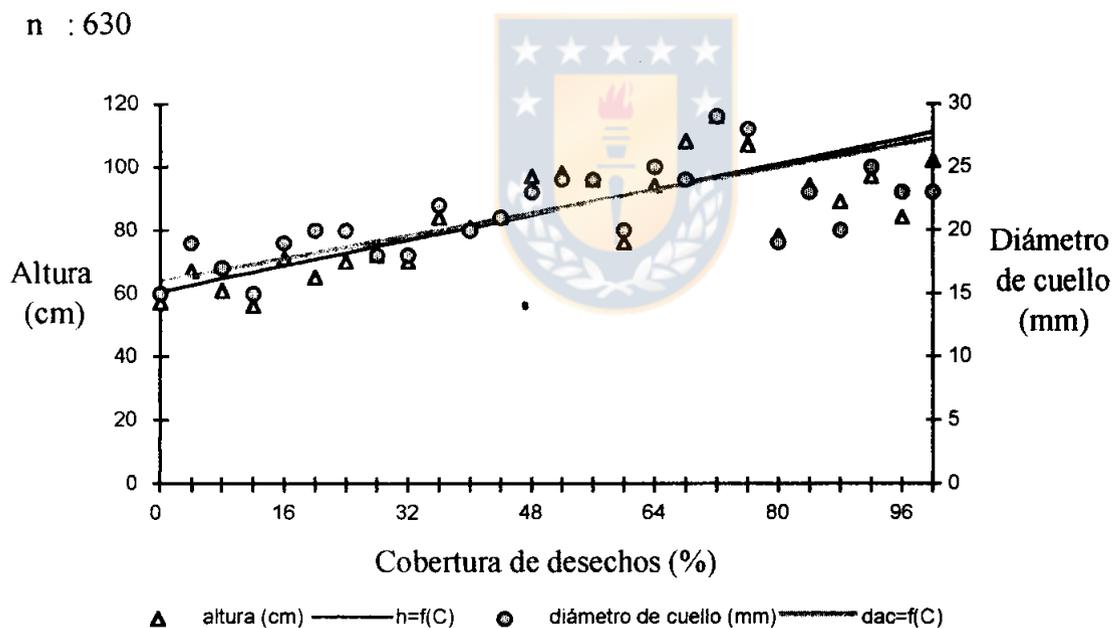


FIGURA 7. Efecto de la cobertura de desechos sobre el crecimiento en altura y diámetro.

El comportamiento de ambas variables en viveros y sectores es similar. Los coeficientes de correlación entre h y C fueron siempre significativos (TABLA 6); sin embargo, estos no tuvieron igual magnitud en los distintos sectores, siendo muy superior en el sector 3,

que ya anteriormente se describió como el de mejor sobrevivencia. También existe diferencia en la relación de altura-cobertura entre viveros.

TABLA 6. COEFICIENTES DE CORRELACION DE SPEARMAN EN ESTRATOS, VIVEROS Y SECTORES PARA LA RELACION ALTURA-COBERTURA Y DIAMETRO-COBERTURA.

	Estratos							
	1	2	3	4	5	6	7	8
h - C	0.389*	0.181	0.409*	0.265*	0.313*	0.444*	0.425*	0.684*
dac - C	0.358*	0.132	0.346*	0.173	0.204	0.091	0.378*	0.563*

		h - C	dac - C
AJUSTE GENERAL		0.405*	0.161*
Viveros	1	0.286*	0.258*
	2	0.361*	0.283*
	3	0.541*	0.464*
Sectores	1	0.298*	0.214*
	2	0.405*	0.289*
	3	0.563*	0.419*

* significativo al 1%.

El coeficiente de correlación, que mide el grado de asociación lineal entre la cobertura de desechos y la altura de las plantas, se encuentra en un rango que va de 0.265 a 0.684, excluyendo al estrato 2 que fue el único donde no se evidenció relación lineal entre las variables; lo que permite afirmar que la altura de las plantas está fuertemente ligada a la cobertura de desechos. El coeficiente de correlación general, $r = 0.405$, es altamente significativo ($P < 0.01$) y corresponde a un coeficiente de determinación, $r^2(\%)$, igual a 16.4 %.

4.3.2 Efecto de la cobertura de desechos sobre el diámetro de cuello. El ajuste general entre el diámetro de cuello de las plantas y la cobertura de desechos tiene los siguientes coeficientes:

$$dac = 15.91 + 0.113236 C ; R^2 = 0.1195 ; EEE = 8.68; F_m = 87.23$$

El diámetro de cuello de las plantas (dac) está pobremente ligado a la cobertura de desechos. Al comparar los coeficientes de correlación entre el diámetro y la cobertura con los correspondientes coeficientes de la relación entre altura y cobertura, en estratos, sectores y viveros, se ve que las magnitudes son siempre inferiores en la relación dac - C. Además, sólo la mitad de los coeficientes de correlación en los estratos representan valores poblacionales distintos de cero (TABLA 6; FIGURA 7). La relación entre los desechos y el diámetro de cuello de las plantas tiene pendiente de regresión positiva, pero ésta es de menor magnitud que en la relación h - C lo que indica que las variaciones en la cobertura de residuos alrededor de las plantas afectan más el crecimiento en altura que el crecimiento en diámetro de cuello. En ambos casos un aumento de los desechos conlleva a un aumento del crecimiento. En sectores y viveros los coeficientes de correlación entre dac y C fueron siempre significativos.

4.3.3 Desarrollo de plantas en sectores, viveros y cuadrillas. La TABLA 7 presenta los estadígrafos muestrales resultantes del análisis de covarianza para la determinación del efecto de procedencia, cuadrilla y sector de plantación. La razón F indica que existe diferencia entre sectores, entre viveros y entre cuadrillas. En la TABLA 8 se asignan categorías a esos grupos según variables de desarrollo de la plantación.

TABLA 7. ESTADIGRAFOS PARA LA DIFERENCIA ENTRE SECTORES, CUADRILLAS Y VIVEROS.

Relación	Fc 0.05 (2,626)	Fm		
		sectores	viveros	cuadrillas
h - C	3.01	22.8*	10.86*	26.56*
dac - C	3.01	9.87*	3.42*	22.50*

* significativo al 5%

TABLA 8. CATEGORIA DE LOS GRUPOS EN CADA UNA DE LAS VARIABLES DE DESARROLLO DE LA PLANTACION Y LA COBERTURA DE DESECHOS.

Grupos		variables			
		C	S	h	dac
Viveros	1	A	B	B	B
	2	A	A	A	A
	3	A	AB	A	A
Sectores	1	B	B	B	B
	2	B	B	B	B
	3	A	A	A	A
Cuadrillas	1	A	A	A	A
	2	A	AB	B	C
	3	A	B	A	B

Se observa que el sector 3 es el mejor; en él las plantas sobreviven en mayor proporción y crecen más (las plantas tienen un diámetro de cuello 24% mayor y son un 30% más altas); éste es también el sector con mayor sobrevivencia y presencia de desechos alrededor de las plantas.

Una mayor cantidad de residuos produce un mejoramiento del microclima en la superficie del suelo. Se moderan las temperaturas, especialmente las estivales, y aumenta la humedad disponible para las plantas, por la disminución de la evaporación, transpiración y competencia con malezas (Farrell, 1984). Según Theodorou y Bowen (1990), a dos años de la plantación cerca del 50% de la materia seca de los residuos se han descompuesto, además la liberación de nutrientes por parte de la materia orgánica empieza a partir del primer año de descomposición, luego el mayor crecimiento de las plantas con más desechos a su alrededor se podría explicar por la mayor disponibilidad de nutrientes.

En las FIGURAS 8 y 9 destaca el comportamiento parabólico que siguen la altura y diámetro de cuello en el sector 1. Con porcentajes de residuos superiores a 55.4 y 52.6, respectivamente, las plantas disminuyen su crecimiento, a diferencia de los otros sectores en los que la relación crecimiento-desechos es lineal.

Se puede observar además una notoria diferencia de los viveros 2 y 3 respecto al 1, cuya relación crecimiento-residuos se comporta también en forma de parábola, siendo críticos en la altura y diámetro porcentajes de cobertura iguales a 55.5 y 51.5, respectivamente. El vivero 1 genera plantas mucho más pequeñas (15% más bajas y 11% más delgadas) que los otros viveros. También es posible observar una diferencia en el crecimiento y sobrevivencia de las plantas entre las cuadrillas de plantación. A pesar de laborar con similares niveles de desechos, la cuadrilla 1 realizó un mejor trabajo de plantación, que condujo a un mejor desarrollo de las plantas (TABLA 8).

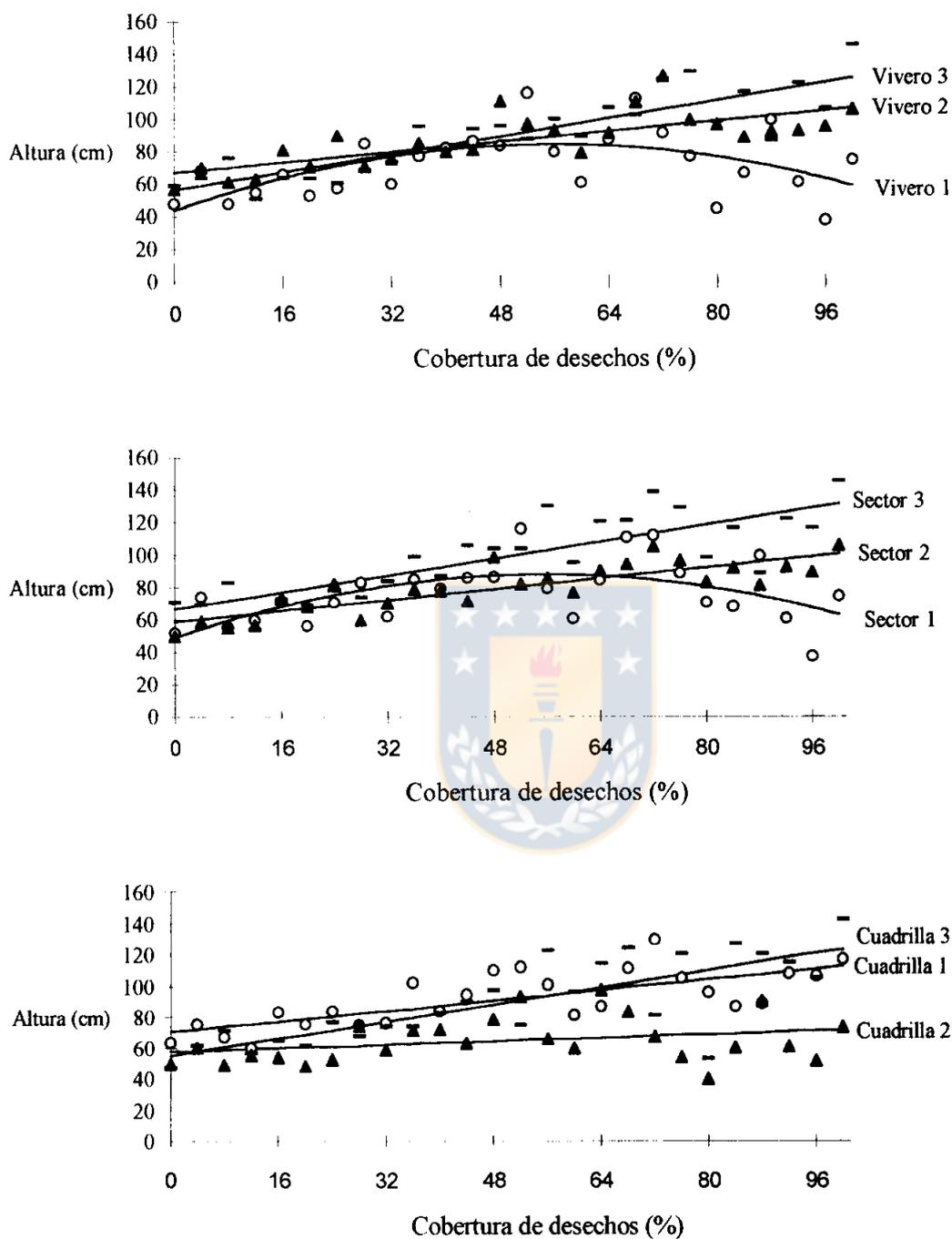


FIGURA 8. Relación altura-cobertura según procedencia, sector y cuadrilla de plantación.

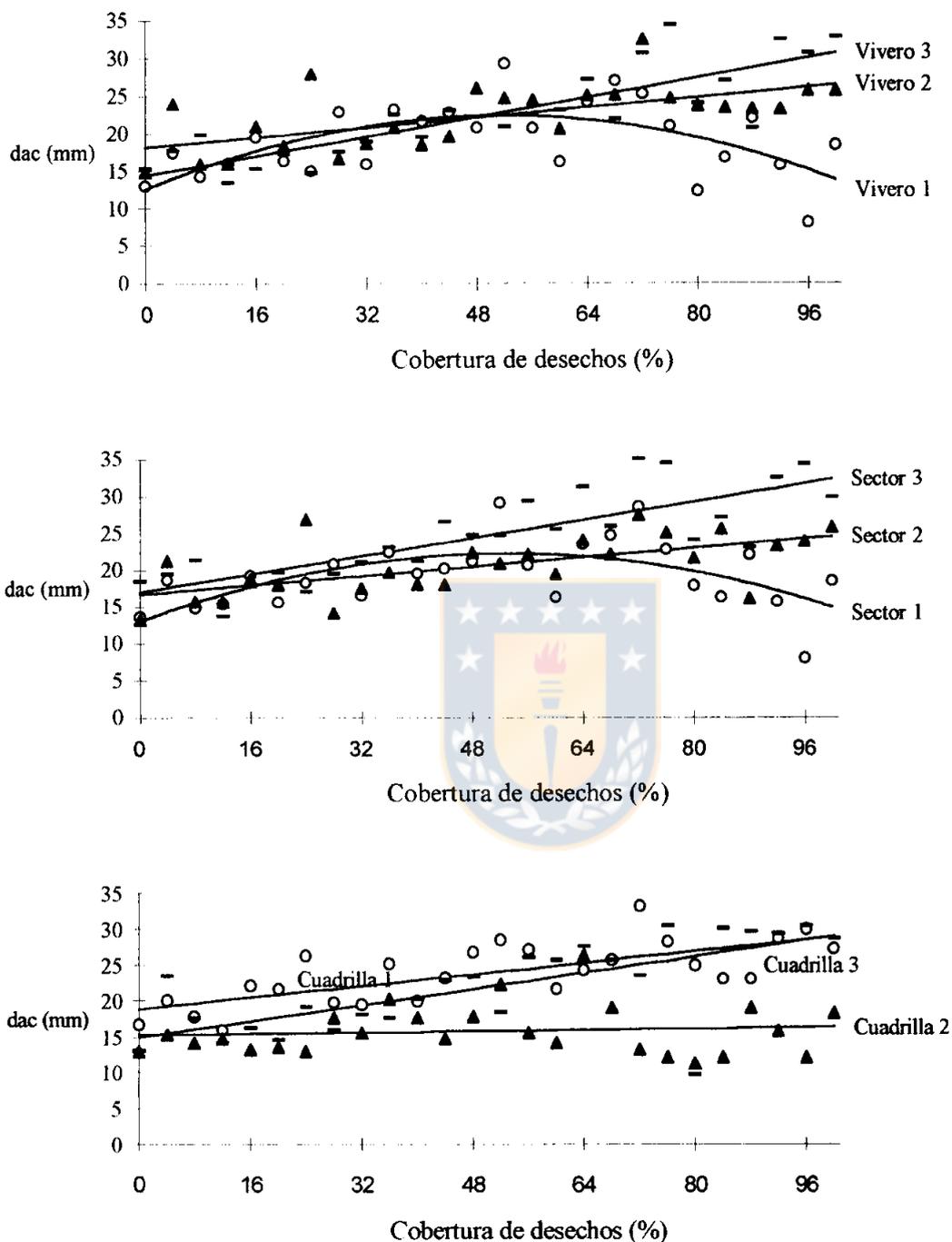


FIGURA 9. Relación diámetro de cuello-cobertura según procedencia, sector y cuadrilla de plantación.

V. CONCLUSIONES

- 1.- La cobertura de desechos influye positivamente sobre el crecimiento inicial en altura de las plantas, explicando en una relación lineal el 16.4% de la variación de las alturas y el 2.6% de la variación de los diámetros.
- 2.- Los desechos post cosecha influyen más sobre la altura de las plantas que sobre el diámetro de cuello de las mismas.
- 3.- La cobertura de desechos influye positivamente en la sobrevivencia de las plantas. La mortalidad se concentró en niveles de cobertura de desechos inferiores a 28%, indicando lo beneficioso que fue dejar los residuos de cosecha en el sitio a reforestar en suelos arenosos.
- 4.- La procedencia de las plantas influye en la sobrevivencia y crecimiento inicial en altura y diámetro de cuello de las plantas.
- 5.- La cuadrilla de plantación influye en la mortalidad y crecimiento inicial en altura y diámetro de cuello de las plantas.

VI. RESUMEN Y SUMMARY

El efecto de los residuos post cosecha sobre el desarrollo inicial fue evaluado en una plantación de *Pinus radiata*, establecida sobre un suelo arenoso de la octava región del país (comuna de Pemuco, provincia de Ñuble); adicionalmente se analizó el efecto de la procedencia de las plantas, de la cuadrilla y sector de plantación. Se encontró una correlación alta entre la sobrevivencia, altura y diámetro de cuello de las plantas y la cobertura de desechos post cosecha. La sobrevivencia de plantas fue la variable afectada más favorablemente, seguida por la altura total, y en mucho menor término por el diámetro de cuello (coeficientes de correlación de 0.841, 0.405 y 0.161 respectivamente). También se detectó influencia de la procedencia, cuadrilla y ubicación de las plantas en terreno sobre las variables antes mencionadas.



This study evaluated the effect of logging slash on the initial growth of Radiata pine planted in a sandy soil of the Eighth region, Chile. Also, it was studied the effect of seedling procedence (nursery), plantation crew and planted section. A high correlation was found among seedling survival rate, height and diameter growth againts percentage of logging slash cover. Seedling survival rate was the variable most positively affected by the percentage of logging slash cover, seedling height and diameter have a lower correlation ($r = 0.841, 0.405$ and 0.161 respectively). Also, seedling procedence, plantation crew and planted section have effect in the variable studied.

VII. BIBLIOGRAFIA

- 1 Alarcón, C. y P. Cabrera. 1995. La importancia de los residuos. *Chile Forestal* 229: 30-31.
- 2 Balneaves, J.M. y W.J. Dyck. 1992. Slash retention a viable option to ensure sustained site productivity?. *New Zealand Forestry* 37(1): 13-16.
- 3 Bocic, W.P. 1972. Variación físico-química de un suelo forestal en relación al tipo de cubierta vegetal. Tesis Escuela de Agronomía. Universidad de Concepción. Chillán, Chile.
- 4 Bonnefoy, P. 1992. Comportamiento del fuego en la quema de desechos forestales y su efecto sobre el suelo. Tesis Facultad de Ciencias Agronómicas, Veterinarias y Forestales. Universidad de Concepción. Chillán. 124p.
- 5 Boomsma, D.B. y I.R. Hunter. 1990. Effects of water, nutrients and their interaction on tree growth, and plantation forest management practices in Australasia: a review. *Forest Ecology and Management* 30: 455-476.
- 6 Bravo, R.I. 1984. Evaluación de rendimiento de desechos de diferentes faenas silvícolas en bosque de pino insignne (*Pinus radiata* D.Don). Tesis Escuela de Ciencias Forestales. Universidad de Chile. Santiago. 91p.
- 7 Burger, J.A. y W.L. Pritchett. 1988. Site preparation effects on soil moisture and available nutrients in pine plantation in the Florida flatswoods. *Forest Science* 34(1): 77-87.
- 8 Carey, M.L., J.R. Hunter y I. Andrew. 1982. *Pinus radiata* forest floors: factor affecting organic matter and nutrient dynamics. *New Zealand Journal of Forestry Science* 12(1): 36-48.
- 9 Carlyle, J.C. 1993. Organic carbon in forested sandy soils: properties, processes, and the impact of forest management. *New Zealand Journal of Forestry Science* 23(3): 390-402.

- 10 Carrasco, P. 1989. Clasificación y Manejo de Suelos. Departamento de Ciencias Forestales Universidad de Concepción. Chillán. Chile. 106p.
- 11 CIPMA. 1995. Soluciones ambientales. Ambiente Ahora, mes de Marzo, año VI nº 43.
- 12 Daniel, G.W., U.E. Helmes y F.S. Baker. 1982. Principios de Silvicultura. McGraw-Hill. México.
- 13 Donoso, Z.C. 1981. Ecología forestal. El bosque y su medio ambiente. Editorial Universitaria. Santiago. Chile.
- 14 Donoso, Z.C. 1993. Ecología forestal. Bosques templados de Chile y Argentina. Editorial Universitaria. Santiago. Chile.
- 15 Dyck, W.J. y P.N. Beets. 1987. Managing for long-term productivity. New Zealand Forestry 32(3): 23-26.
- 16 Farrell, P.W. 1984. Radiata pine residue management and its implications for site productivity on sandy soils. Australian Forestry 47(2): 95-102.
- 17 Farrell, P.W. 1991. Effects of mulching logging residue on soil water relations, soil temperature and early growth of *Pinus radiata* on sandy soils in south-west Victoria. Australian Forestry 54(4): 258-259.
- 18 Francke, S. 1988. Mejoramiento de suelos forestales. Chile Forestal, documento técnico nº 30.
- 19 Francke, S. 1991. Efectos del manejo de residuos de explotación en el suelo y crecimiento inicial de plantaciones de *Pinus radiata*, en las series de suelo Coreo (zona arenales) y Colico (zona de Arauco). Chile Forestal, documento técnico nº 51 y 52.
- 20 Francke, S. 1992. Efectos el manejo de residuos de explotación en el

suelo y crecimiento inicial de plantaciones de *Pinus radiata*. Chile Forestal, documento técnico n° 67.

- 21 Francke, S. 1993. Efectos de las plantaciones forestales en el suelo. Chile Forestal, documento técnico n° 70.
- 22 Hall, M. 1984. Establishment of radiata pine on a high altitude second rotation site. I: Effect of site preparation on nutrient capital. *Australian Forestry* 47(3): 194-198.
- 23 Haro, L.F. 1971. Dinámica de un suelo forestal en relación a la cubierta vegetal. Estudio Exploratorio. Escuela de Agronomía. Universidad de Concepción. Chillán, Chile.
- 24 Hopmans, P., D.W. Flinn, P.W. Geary y I.B. Tomkins. 1993. Sustained growth response of *Pinus radiata* on podzolised sands to site management practices. *Australian Forestry* 56(1): 27-33.
- 25 Infor-Corfo. 1986. Proyecto "Efecto de los diferentes métodos de utilización y manejo de los residuos de explotación en los rendimientos de la segunda rotación de plantaciones de Pino insigne". Santiago, Chile.
- 26 Madgwick, H.A.I. 1985. Dry matter and nutrient relationships in stand of *Pinus radiata*. *New Zealand Journal of Forestry Science* 15(3): 324-336.
- 27 Madgwick, H.A.I. y B. Webber. 1987. Nutrient removal in harvesting mature *Pinus radiata*. *New Zealand Forestry* 32(3): 15-18.
- 28 Millar, C.E., L.M. Turk y H.D. Foth. 1961. Edafología: Fundamentos de la ciencia del suelo. México.
- 29 Peña, L.S., B. Fernández y L. Rocuant. 1976. Efecto de la cubierta vegetal en las propiedades químicas y físicas de los suelos forestales II. Suelos serie Arenales. Universidad de Concepción. Chile.

- 30 Pritchett, W.L. 1991. Suelos forestales, propiedades, conservación y mejoramiento. Linusa, México.
- 31 Richardson, B. 1993. Vegetation management practices in plantation forest of Australia and New Zealand. *Canadian Journal of Forestry Research* 23: 1989-2005.
- 32 Russell, E.J. y E.W. Russell. 1954. Las condiciones del suelo y el desarrollo de las plantas. Longmans, Green & Co., Londres. 770p.
- 33 Smethurst, P.J. y E.K.S. Nambiar. 1990. Effects of slash and litter management on fluxes of nitrogen and tree growth in a young *Pinus radiata* plantation. *Canadian Journal of Forestry Research* 20: 1498-1507.
- 34 Squire, R.O. 1983. Review of second rotation silviculture of *Pinus radiata* plantations in southern Australia: establishment practices and expectations. *Australian Forestry* 46(2): 83-90.
- 35 Squire, R.O., D.W. Flinn y R.G. Campbell. 1991. Silvicultural research for sustained wood production and biosphere conservation in the pine plantations and native eucalypt forest of south-eastern Australia. *Australian Forestry* 54(3): 120-133.
- 36 Theodorou, C. y G.D. Bowen. 1990. Effects of fertilizer on litterfall and N and P release from decomposing litter in a *Pinus radiata* plantation. *Forest Ecology and Management* 32 (2-4): 87-102.
- 37 Toro, V.J. 1986. Circulación de nutrientes en una plantación de Pino radiata, ubicada en la VIII región y que pertenece a Forestal Río Vergara S.A. *Chile Forestal* 133: 25-27.
- 38 Versfeld, D.B. y D.G.M. Donald. 1991. Litterfall and nutrient release in mature *Pinus radiata* in the south-western Cape. *South African Forestry Journal* 156: 61-69.

- 39 Webber, B. y H.A.I. Madgwick. 1983. Biomass and nutrient content of a 29-year-old *Pinus radiata* stand. *New Zealand Journal of Forestry Science* 13: 222-228.

