

**LA FERTILIDAD DEL SUELO Y EL DESARROLLO DE *PINUS RADIATA* D. DON\****Soil fertility and the growth of Pinus radiata D. Don in Chile*

C.D.O.: 114.56

Juan E. SCHLATTER

Facultad de Ciencias Forestales, Universidad Austral de Chile, Casilla 567, Valdivia.

**SUMMARY**

*Pinus radiata* D. Don (Monterrey Pine) has shown to be a well adapted introduced forest species at sites with soils which have suffered increased degradation due to agricultural practices. The growth of this pine however, has been determined to be closely linked to soil fertility. Future primary production is also dependent on this factor.

The advanced knowledge referred to the relationship between growth indexes and soil characteristics give valuable information which permits to improve the forest management of this species. It also constitutes basic information to set up new approaches for scientific research on this matter.

**RESUMEN**

*Pinus radiata* D. Don es una especie introducida que demostró gran éxito de adaptación a sitios cuyos suelos habían sufrido deterioro grave por el uso agrícola. Sin embargo, se ha podido determinar que el desarrollo de la especie está estrechamente relacionado con la fertilidad del suelo. También las perspectivas de producción primaria futura están definidas por ella.

Los avances del conocimiento sobre asociación entre índices de crecimiento de la especie y las características del suelo entregan información valiosa que permite perfeccionar el manejo de las plantaciones y, además, constituyen una adecuada base para precisar los caminos que debe seguir la investigación científica en la materia.

**INTRODUCCION**

El *Pinus radiata* D. Don (= pino) demostró a fines del siglo pasado ser la especie forestal de mejor adaptación y crecimiento en terrenos erosionados de la zona de Concepción, entre un alto

número de especies (JUNGE, 1953). Desde entonces ha tenido una creciente expansión como cultivo forestal, representando, hoy día, la principal fuente de materia prima para la industria maderera (INSTITUTO FORESTAL, 1985), gracias a sus favorables propiedades tecnológicas.

La actual superficie plantada con pino cubre sobre 1.000.000 ha, distribuidas entre las V y Xa. Región, transformando a sus plantaciones en uno de los cultivos más importantes de Chile. Debe indicarse, además, que su cultivo ha alcanzado éxitos similares en Nueva Zelanda y Australia, en menor escala también en España, Sudáfrica y otros países.

Las plantaciones de pino, con rotaciones entre 16 y 35 años, son una de las buenas alternativas para suplir parte de la creciente demanda maderera nacional y mundial (SIMPOSIO, 1984). Sin embargo, como todas las de su carácter, requieren de un manejo intensivo, lo que origina la necesidad por conocimientos científicos en bien de un adecuado desarrollo de técnicas silviculturales y de utilización. La transmisión de experiencias sin documentación, y al azar, deben ser reemplazadas por el trabajo sistemático para lograr que este valioso recurso sea mejorado y mantenga su alto ritmo productivo. Especialmente porque sobre las plantaciones descansa todo un desarrollo socio-económico que no permite su abandono a soluciones pasajeras sin base científica. El avance de conocimientos y experiencias que se logren, serán, además, de importante proyección a plantaciones similares con otras especies, e incluso dejarán valiosos aportes para el desarrollo científico que demanda nuestro bosque nativo.

Debido a la creciente demanda mundial por madera, no debe olvidarse que para ciertos productos elaborados desde bosques de coníferas, existe una alta competencia que requiere mante-

\* Trabajo presentado en el Simposio sobre *Pinus radiata*, Investigación en Chile, efectuado en Valdivia, Chile, octubre de 1985.

ner las ventajas comparativas de nuestras plantaciones (SUSAETA, 1985). Uno de los factores que permite obtener ventajas es el alto ritmo de producción primaria de nuestro país. Parte fundamental en él es, junto al clima, el suelo. Este, considerado clásicamente como un cuerpo natural estático ha demostrado ser susceptible al tipo de manejo que se aplica a los cultivos agrícolas y forestales. El presente trabajo tiene como propósito demostrar la alta relación que existe entre el crecimiento de *Pinus radiata* y la fertilidad del suelo.

#### TRABAJOS REALIZADOS

La monografía del pino insigne elaborada por SCOTT (1961) entregó una primera aproximación de la influencia del suelo sobre su desarrollo. El Proyecto Aerofotogramétrico en Chile incentivó los primeros estudios comparativos del crecimiento del pino en diferentes series de suelo del país (VALENZUELA, 1964). Los inventarios de las plantaciones forestales elaborados por el INSTITUTO FORESTAL (1966, 1969), permitieron determinar diferencias de crecimiento del pino por zonas climáticas e identificaron grandes grupos de suelos donde el pino presentaba un comportamiento distinto. Todos los trabajos citados fueron de carácter general, sin determinación de factores individuales con influencia directa sobre el crecimiento de la especie.

Sin embargo, con el desarrollo masivo de forestaciones y reforestaciones en la década de los años '70, nació la necesidad de conocer los factores de mayor influencia sobre el crecimiento del pino. SCHMALTZ (1973) publica resultados sobre el crecimiento del pino en los alrededores de la ciudad de Valdivia, determinando que el desarrollo del pino presentaba un estrecho rango de variación en su crecimiento, con excepción de suelos de mal drenaje pertenecientes a la serie Hueicoya, en la comuna de Corral, COX (1982) amplió el anterior estudio y determinó que para el área entre los ríos Toltén y Bueno, los factores del medio que más explicaron las variaciones de crecimiento fueron la altitud (menor crecimiento con mayor altitud), la exposición (mejor crecimiento con exposiciones hacia el norte) y la pendiente del terreno (mejor crecimiento con pendientes menores). En menor grado también fue de importancia la serie de suelo y algunas características del suelo como, la profundidad del horizonte A (mejor crecimiento a mayor profundidad) y la capacidad de agua aprovechable hasta 1 m. de profundidad (mejor crecimiento con mayor CAA). En general, sin embargo, las correlaciones encontradas fueron bajas, explicable en

parte por la homogeneidad de las características del suelo del área de estudio considerada.

SCHLATTER e HIDALGO (1981) presentaron una primera aproximación sobre las variaciones del índice de sitio en la zona occidental de la provincia de Cautín, ratificando que el pino no prospera en suelos de mal drenaje y mal estructurados, pero sí en aquellos de adecuadas características físicas (SCOTT, 1961).

GARCIA (1982) determinó que la zona occidental de la región del Maule la humedad aprovechable del suelo tiene una influencia importante sobre el índice de sitio del pino. Entrega, además, datos que indican que el drenaje interno del subsuelo y la fertilidad del suelo superior también son de importancia.

En Nueva Zelanda JACKSON y GIEEORD (1974) habían publicado un estudio sobre la asociación entre cerca de 50 variables del medio con el incremento volumétrico preperiódico de árboles dominantes para 132 sitios con plantaciones de *Pinus radiata*, distribuidas en las distintas zonas climáticas neocelandesas. Las variables que mejor explicaron las diferencias de crecimiento fueron: la precipitación media anual, la distribución estacional de las precipitaciones, la profundidad efectiva del suelo, el nivel de nitrógeno total y de fósforo disponible en el suelo superior (primeros 7.5 cms.) y las desviaciones estacionales de la temperatura ambiental de su óptimo, estimado como de 5°C en la noche y 20°C durante el día. Es interesante que algunas variables del suelo estuvieran contenidas entre las que mayor asociación presentaron con el desarrollo del pino.

Finalmente, en el marco del proyecto PNUD/FAO/CONAF/CHI/76/003 se efectuó un estudio para determinar una posible causa genética de la variabilidad de algunas propiedades tecnológicas y características morfológicas del pino en Chile Central (DELMASTRO, DIAZ-VAZ y SCHLATTER, 1981). El estudio, que consideró más de 25 variables del medio en 42 sitios localizados según la variación latitudinal y edáfica donde existían plantaciones, encontró que las mayores diferencias de crecimiento y de las características de los árboles fueron explicadas por variables del suelo y del clima.

#### FACTORES DEL MEDIO CON INFLUENCIA EN EL CRECIMIENTO DE *PINUS RADIATA* EN CHILE CENTRAL

SCHLATTER, GERDING y BONNEFOY (1982) y SCHLATTER, GERDING (1984) publican los resultados de una evaluación de una parte de los datos del último trabajo citado en el capítulo anterior, en que se calculó el grado de asociación

del índice de sitio (según GARCIA, 1970) de *Pinus radiata* con variables del medio. Parte de ellos son presentados en figura 1.

Una importante variación del índice de sitio es explicada por la latitud, debiendo entenderse la influencia de este factor indirecto del medio como resultado de la combinación de la precipita-

ción media anual (gráfico vecino a la latitud) y del tipo de suelo (figura 2). A mayores latitudes coincide que los suelos son mejor estructurados y sobre todo, menos erosionados. Los suelos de mejor capacidad de agua aprovechable y buen drenaje interno tienen un mayor índice de sitio, ambos factores muy relacionados con la densidad

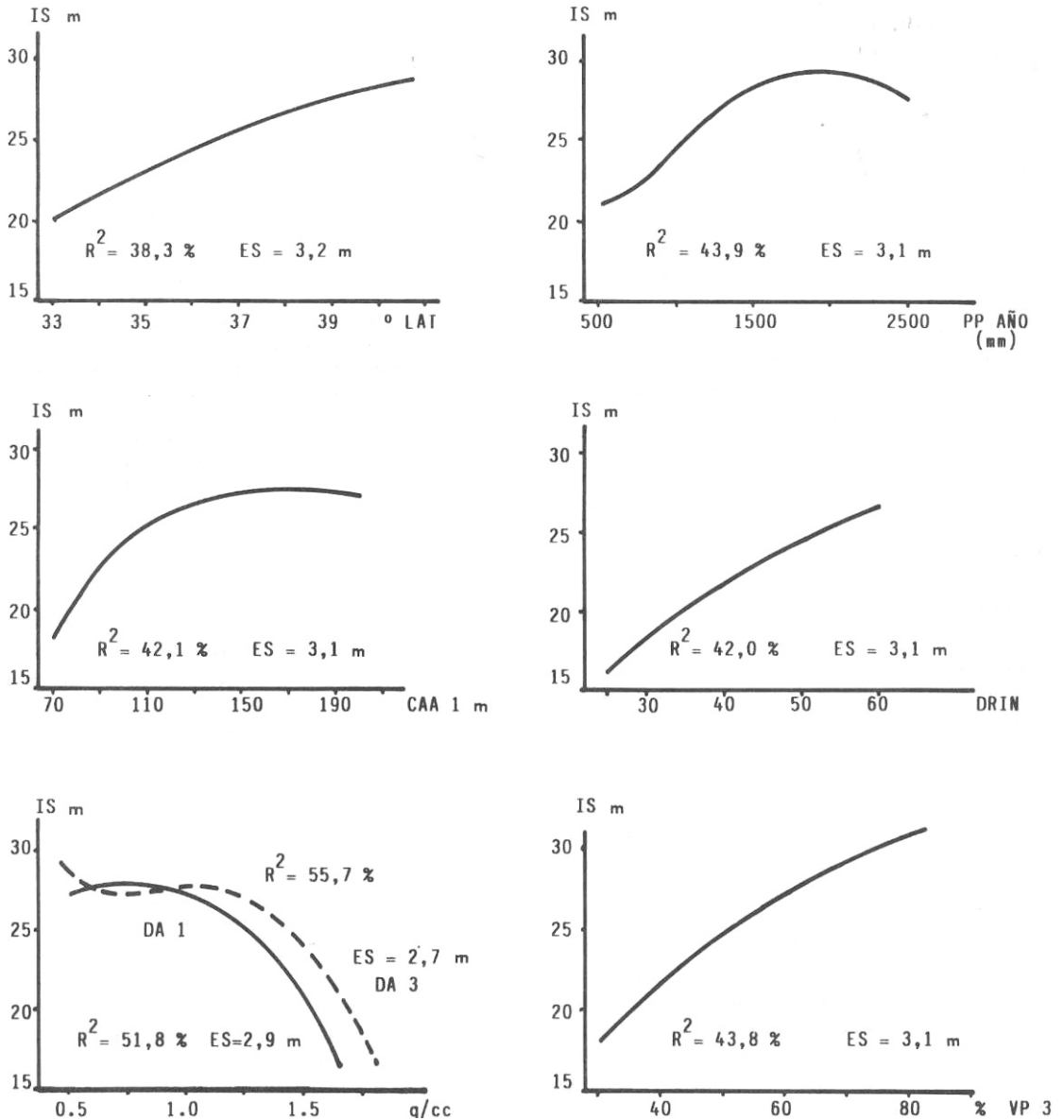


Fig. 1 : Tendencias del índice de sitio (IS) de *Pinus radiata* en función de la latitud (LAT), la precipitación media anual (PP AÑO), la capacidad de agua aprovechable hasta 1 m. de profundidad (CAA 1 m.), el drenaje interno del suelo (DRIN), la densidad aparente del horizonte A (DA 1) y del subsuelo (DA 3) y el volumen total de poros del subsuelo (VP 3).

: Trends for *Pinus radiata* site index as function of: latitude (LAT), mean annual precipitation (PP AÑO), available water in a m, soil depth (CAA 1 m.), soil inner drainage (DRIN), bulk density for the A horizon (DA 1) and the subsoil (DA 3), and total porosity in the subsoil (VP 3).

aparente (peso volumétrico) y el volumen total de poros del suelo. Es decir, mientras mejor estructurado un suelo mejor será su índice de sitio. Los resultados anteriores son ampliados con la figura 3.

Las correlaciones más altas con el índice de sitio fueron determinadas para las variables del suelo superficial (0-15 cms.). Así, por ejemplo, un horizonte A bien formado, de un adecuado nivel de materia orgánica ( $C_1 \times 2$ ) y de nitrógeno total, presenta un mejor índice de sitio. Si la textura es más fina, es decir, de mayor retención de agua y disponibilidad de elementos nutritivos, también el índice de sitio mejora. Puede concluirse que la fertilidad del suelo superior influye en forma clara el crecimiento de la especie.

Los resultados expuestos demuestran en forma bastante precisa que el crecimiento de *Pinus radiata* es en gran parte infuido por la fertilidad del suelo superior, y depende también de la estructura y las propiedades físicas del suelo en general. Con seguridad, la consideración de tales factores en la selección de suelos para el establecimiento del pino y en el manejo de sus plantaciones permitirá asegurar buenos resultados en la producción primaria. Todos aquellos factores que afectan las variables indicadas deben ser, por lo tanto, consideradas en la programación y ejecución del manejo forestal.

#### ASPECTOS QUE DEBERAN INVESTIGARSE Y PERFECCIONARSE EN EL MANEJO FORESTAL

Las investigaciones sobre el grado de asociación entre el crecimiento del pino y los factores del sitio, como fuera analizado en el capítulo anterior, deberán perfeccionarse a través de estudios dirigidos a grupos de suelos o a zonas determinadas. Con ello podría precisarse cuáles factores son de importancia complementaria a los ya identificados a nivel general de Chile central.

Otros aspectos relevantes que deben investigarse o perfeccionarse en el manejo forestal pueden ser mejor entendidos en base al esquema de la figura 4. En este esquema se indican los flujos de ganancias y pérdidas en elementos nutritivos que pueden presentarse en un bosque o una plantación forestal, bajo manejo. Existen flujos de ganancia naturales como los siguientes: precipitaciones, absorción de elementos químicos como gas por el follaje ( $CO_2$  y otros), fijación biológica de nitrógeno y meteorización desde los minerales. Menos comunes son el agua de percolación en pendientes, la incorporación de sedimentos por erosión de sectores más altos (válido para posiciones piedmont) o de sales disueltas con el ascenso

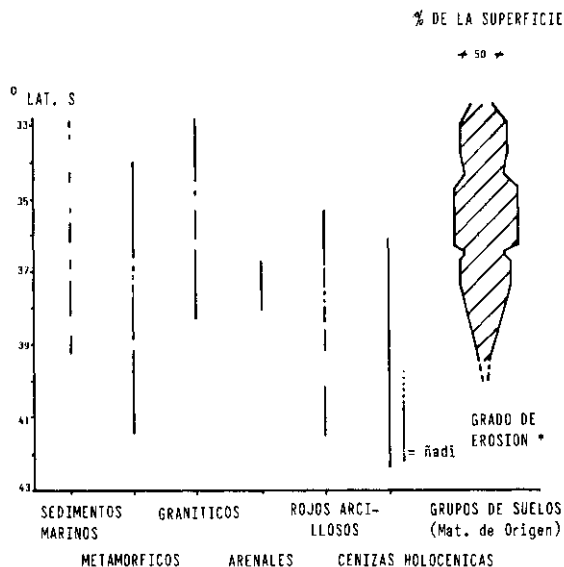


Fig. 2 : Distribución latitudinal de los principales grupos de suelos, según su material de origen (según MINISTERIO DE AGRICULTURA, 1968).

\* Grado de erosión aproximado de acuerdo a IREN (1965).

: Latitudinal distribution for the main soil groups in Central Chile, according to parent material (based on MINISTERIO DE AGRICULTURA, 1968).

\* Approximate degree of erosion according to IREN (1965).

capilar desde la napa freática. Pérdidas naturales pueden ser: lixiviación de sales desde el suelo con el agua de percolación, fijación de elementos a los minerales o compuestos húmicos del suelo, erosión (en sectores de cumbre y en pendiente) y volatilización de aquellos elementos que pueden ser transformados en compuestos gaseosos ( $CO_2$ ,  $NH_3$ ,  $H_2S$  y otros).

La utilización de madera en bosques modifica cuantitativa y cualitativamente los flujos naturales indicados anteriormente. Tal intervención causa la extracción de elementos nutritivos a través de la cosecha de madera, corteza y en algunos casos de elementos de la copa (ramas). Como consecuencia de ello, es efectada la disponibilidad de elementos nutritivos en el suelo superior, siendo esto especialmente delicado en suelos de bajas reservas nutritivas, que presentan baja capacidad de recuperación. En esos casos, deberá recurrirse a una fertilización para mantener la fertilidad del suelo y evitar su empobrecimiento. Sin embargo, es necesario precisar los alcances de las pérdidas indicadas y en qué medida esto puede afectar la fertilidad del suelo. Con ello pueden programarse medidas de fertilización u otras medidas de mejoramiento del suelo que sean adap-

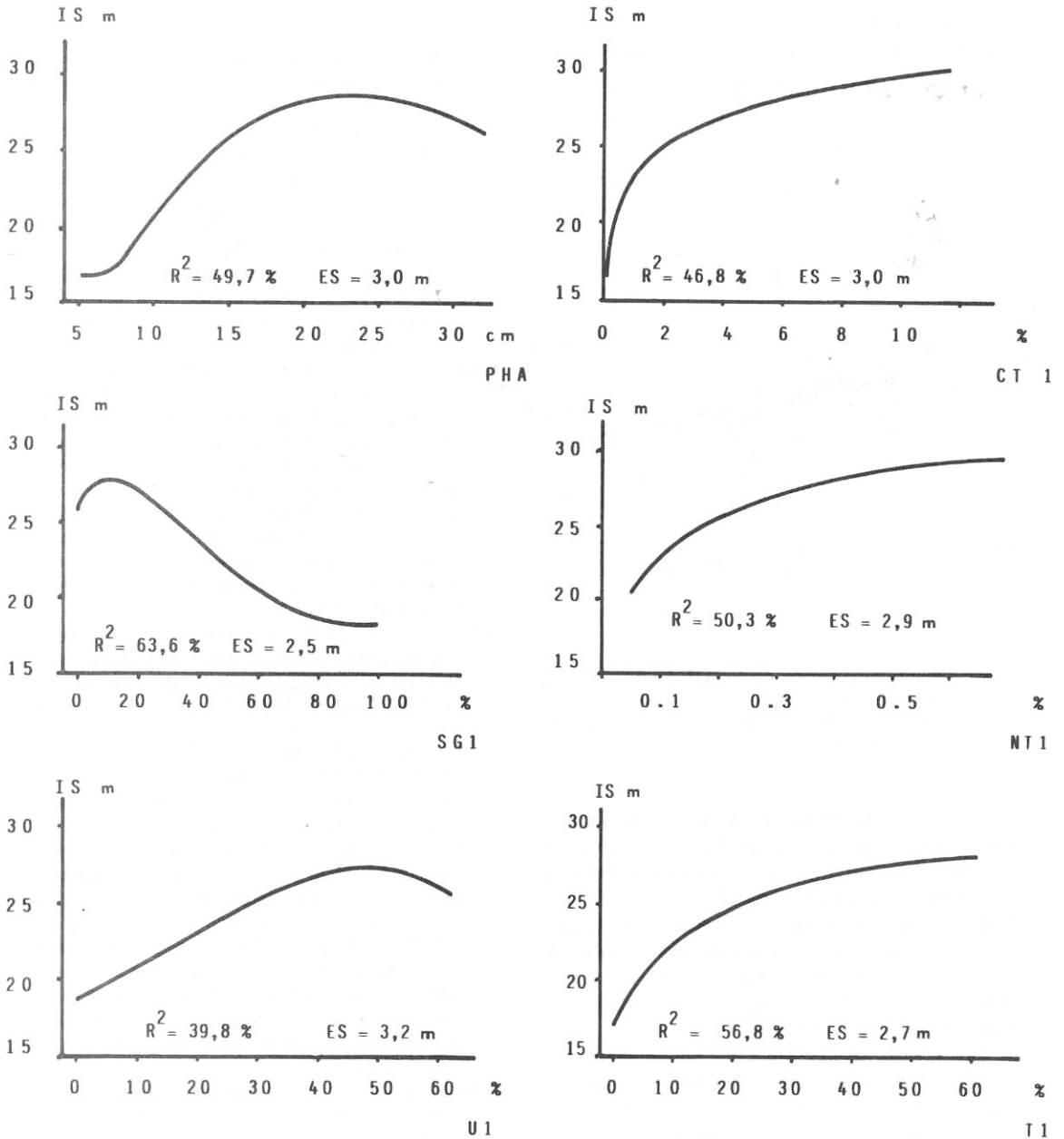


Fig. 3 : Tendencias del índice de sitio (IS) de *Pinus radiata* en función de la profundidad del horizonte A (PHA) y los contenidos de carbono total (CT 1), nitrógeno total (NT 1), arena gruesa (SG i), limo (U 1) y arcilla (T 1).  
 : Trends for *Pinus radiata* site index as function of following A horizon characteristics: depth (PHA), total carbon (CT 1), total nitrogen (NT 1), coarse sand (SG 1), silt (U 1) and clay (T 1).

tadas a las condiciones particulares de cada sitio, para asegurar su éxito.

En las plantaciones de *Pinus radiata* son conocidas las limitaciones de descomposición que tienen los desechos orgánicos que se acumulan sobre el suelo, en comparación al bosque nativo (SCHLATTER, ALCOSER, 1981). Una descomposición restringida impide, por un lado, la adecuada disponibilidad de elementos nutritivos para el ro-

dal y, por otro, favorece la formación de ácidos orgánicos menos estables y de efecto ácido más pronunciado. Deberán buscarse, por lo tanto, técnicas de manejo y cultivo del suelo que neutralicen los efectos negativos del mantillo sobre el suelo superior, y que permitan, por su intermedio, mantener o aumentar su fertilidad.

El efecto de las plantaciones de pino sobre el suelo debe ser precisado, y por ello es necesario

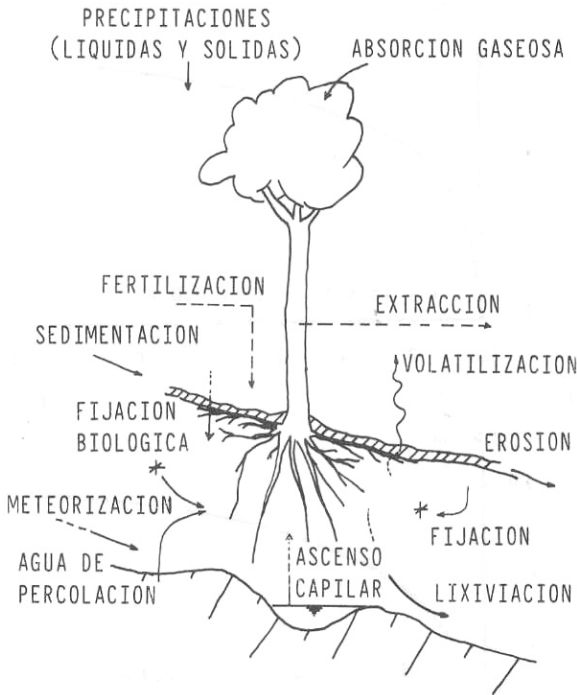


fig 4 : Flujos de ganancias y pérdidas en un ecosistema forestal bajo manejo  
: Fluxes of gains and losses within a managed forest ecosystem.

determinar la dinámica de los flujos que incorporan o extraen elementos nutritivos al ecosistema. Los balances nutritivos así elaborados, permitirían detectar situaciones de déficit hídrico y nutritivo en las plantaciones y los cambios del régimen de elementos nutritivos del suelo. Tales aspectos son importantes para definir adecuadamente las medidas de mejoramiento del suelo más convenientes al sitio.

Las faenas de explotación pueden afectar la estructura del suelo, especialmente si son inadecuados al tipo de terreno, a las condiciones climáticas y humedad del suelo y/o son desorganizadas (GAYOSO, 1982, HARTGE, 1978). Es necesario, por tal motivo, definir también el tipo de terrenos en los cuales deberán concentrarse las plantaciones y los métodos y organización de faenas de explotación adecuados al sitio.

La remoción del suelo en laderas de pendiente y su exposición a la intemperie con una quema de desechos por ejemplo, sin medidas preventivas, puede causar erosión que, finalmente, afecte la fertilidad del suelo superior. Es decir, el manejo forestal deberá propender a disminuir al máximo tales pérdidas con adecuados métodos de preparación del suelo para la próxima plantación.

#### REFERENCIAS

- COX, F., 1982 "Índices de productividad en la evaluación de la calidad de sitio". En: *Actas Reunión de trabajo sobre evaluación de la productividad de sitios forestales*. Facultad de Ciencias Forestales, Universidad Austral de Chile, Valdivia.
- DELMASTRO, R.; DIAZ-VAZ, J. E.; SCHLATTER, J. E.; 1981. *Variabilidad de las características tecnológicas hereditarias del Pinus radiata D. Don*. Informe de Convenio N°43, Serie Técnica, Facultad de Ciencias Forestales, Universidad Austral de Chile, Valdivia.
- GARCIA, O., 1970. *Indicadores de sitio para pino insigne en Chile*. Serie de Investigación N° 2, Instituto Forestal. Santiago de Chile.
- GARCIA, J., 1982 "Calidad de sitio para plantaciones de Pinus radiata D. Don en la Cordillera de la Costa de la Región del Maule". En: *Actas Reunión de trabajo sobre evaluación de la productividad de sitios forestales*. Facultad de Ciencias Forestales, Universidad Austral de Chile, Valdivia.
- GAYOSO, J., 1982. "Pérdida de la productividad del sitio por efecto del madereo". En: *Actas Reunión de trabajo sobre evaluación de la productividad de sitios forestales*. Facultad de Ciencias Forestales, Universidad Austral de Chile, Valdivia.
- HARTGE, K. H., 1978 *Einführung in die Bodenphysik* Ferdinand Enke Verlag, Stuttgart, R. F. de Alemania.
- INSTITUTO DE INVESTIGACION DE LOS RECURSOS NATURALES, 1965. *Evaluación de la erosión Cordillera de la Costa entre Valparaíso y Cautín* Informe N° 3, IREN, Santiago de Chile (17 pp.)
- INSTITUTO FORESTAL, 1966. *Inventario de las plantaciones forestales de la zona Centro-sur de Chile*. Informe Técnico N° 24, Santiago de Chile.
- INSTITUTO FORESTAL, 1969. *Inventario de las plantaciones forestales de la provincia de Coquimbo a Talca y de Valdivia a Llanquihue*. Informe Técnico N° 30. Santiago de Chile.
- INSTITUTO FORESTAL, 1985. *Estadísticas forestales 1984*. Serie informativa N° 23. Santiago de Chile.
- JACKSON, D. S.; GIFFORD, H. H., 1974. "Environmental variables influencing the increment of radiata pine (1) Periodic volume increment". *N. Z. J. For Sci.* 4(1): 3-26.
- JUNGE, A., 1953. "Historia del pino insigne en Chile y el premio Arturo Junge Sahr". *Chile Maderero Anexo III*, N° 10.
- MINISTERIO DE AGRICULTURA, 1968 *Unidades de uso agrícola de los suelos de Chile entre las provincias de Aconcagua y Chiloé*. Plan de desarrollo agropecuario 1965-80. Mapas Oficina de Planificación Agrícola, Santiago de Chile.
- SCHLATTER, J. E.; ALCOSER, M., 1981 "Incidencia de las características del piso orgánico de Pinus radiata en el manejo de sus plantaciones". En: *Actas tercer simposio nacional de la ciencia del suelo* Santiago de Chile.
- ; HIDALGO, D., 1981. *Calidad de sitios para Pinus radiata D. Don, área de la costa, Provincia de Cautín*. Informe de Convenio N° 36. Serie Técnica. Facultad de Ciencias Forestales, Uni-

- versidad Austral de Chile. Valdivia.
- \_\_\_\_\_ ; GERDING, V y BONNEFOY, M., 1982. "Factores del sitio de mayor incidencia en la productividad de *Pinus radiata* D. Don". En: *Actas Reunión de trabajo sobre evaluación de la productividad de sitios forestales*. Facultad de Ciencias Forestales, Universidad Austral de Chile. Valdivia.
- \_\_\_\_\_ ; GERDING, V., 1984. "Important site factors for *Pinus radiata* growth in Chile". En: *Proceedings Symposium on Site and Productivity of Fast Growing Plantation*. South Africa.
- SCHMALTZ, J., 1973. "Das Wachstum von *Pinus radiata* in Südchile". *Forstarchiv*. 44(6):123-28.
- SCOTT, C. N., 1961. *Pino insigne*. FAO, Roma.
- SIMPOSIO, 1984. "Symposium declaration and summaries". Symposium on site and productivity of fast-growing plantations. *South Africa Forestry Journal*, 131.6-12.
- SUSAETA, E., 1985. "La industria forestal chilena en la coyuntura económica de los años '85-'86". En: *Símposio Pinus radiata investigación en Chile*. Valdivia, Chile.
- VALENZUELA, R. H., 1964. "Productivity of pine stands on various soils". *Maderero* (II):6-8 y 25-26. Santiago de Chile.

Recibido: 25-09-1987.