

FERTILIZACIÓN

¿Por qué fertilizar en silvicultura?

En rodales:

- para hacer viable un cultivo que no prospera por deficiencias agudas.
- para obtener mayor rendimiento y/o acortar el turno.
- para obtener mejor calidad de madera.
- para obtener más madera de alta calidad.
- para compensar la extracción de nutrientes
- para superar etapas críticas (heladas, hormigas, malezas)

En vivero:

- para acortar los ciclos de producción
- para lograr la calidad deseada (tamaño, rusticación)

Los tratamientos intermedios y su relación con la productividad y la capacidad productiva del sitio:

Condición ideal: incrementar la productividad junto con la capacidad productiva

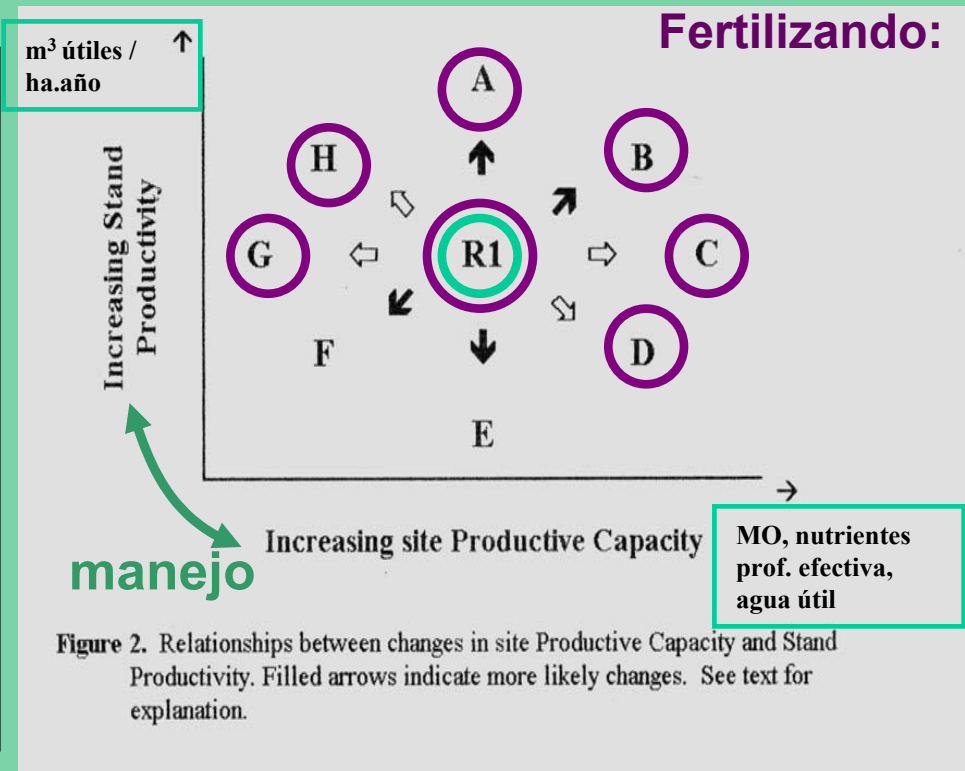
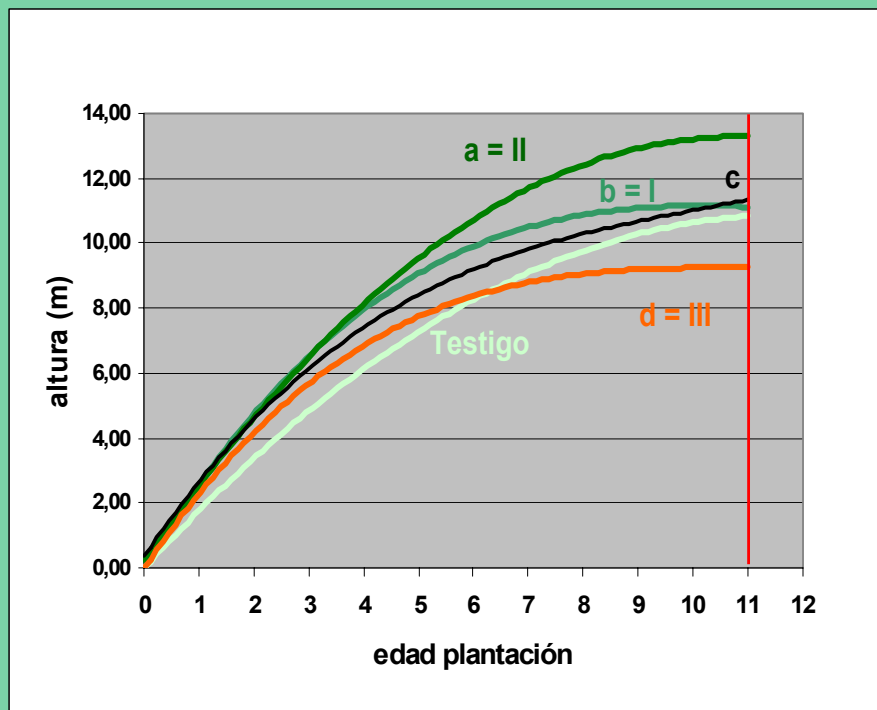


Figure 2. Relationships between changes in site Productive Capacity and Stand Productivity. Filled arrows indicate more likely changes. See text for explanation.

En relación con la fertilización la mayoría de las respuestas son posibles.

tipos de fertilización

según el objetivo
(¿por qué fertilizar?)

- de arranque
- de reposición
- de requerimiento
- de enriquecimiento

según la posición
(dónde fertilizar?)

- foliar
- al suelo
- al voleo o general
- localizada

según el momento
(¿cuándo fertilizar?)

- en el establecimiento
- en combinación con
raleos - podas
- en las etapas finales
de la rotación



Ejemplos de maquinarias empleadas:



Aplicación localizada: Mochila aplicadora dorsal (izq.) y máquina fertiplantadora (der.)

Aplicación localizada: fertilizantes foliares





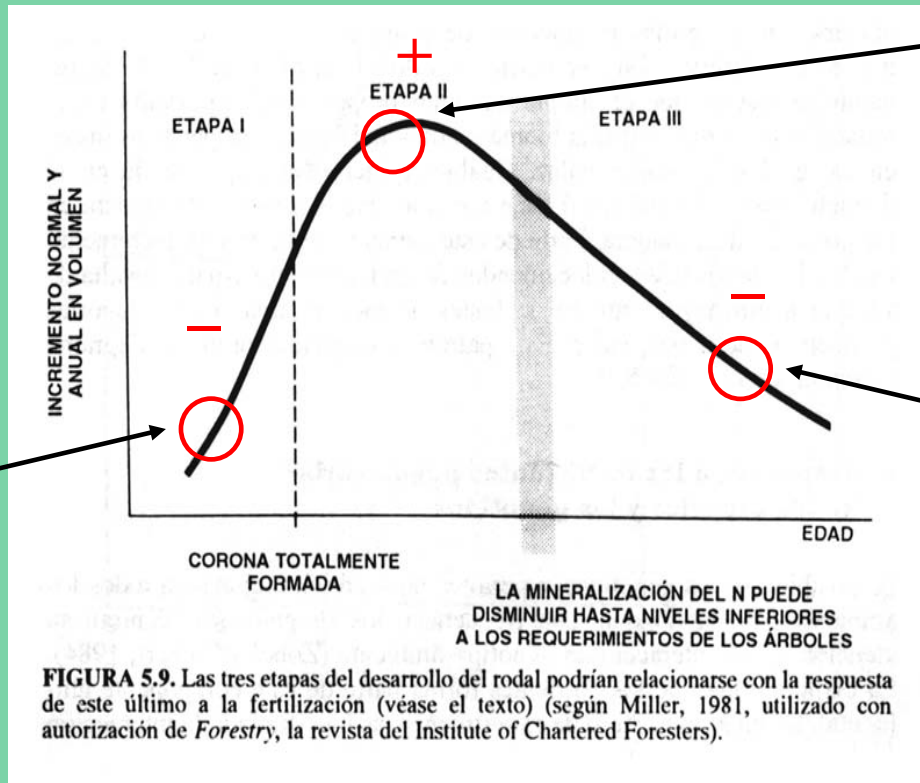
Aplicación localizada: fertilizantes foliares



Aplicación al voleo con tractor. Foto: C. van Oosten, SilviConsult

Oportunidades de fertilización de rodales en el tiempo.

- en agricultura el productor generalmente debe decidir la oportunidad de fertilizar en términos de quincenas o incluso días.
- en silvicultura los plazos utilizados son meses o años.



al comienzo de la rotación (ej. "de arranque")

promediando la rotación y luego del cierre de copas

al final de la rotación y generalmente luego de podas y raleos.

Oportunidades de fertilización según el crecimiento periódico en volumen de madera de un rodal y las probabilidades de respuesta (- o +)

Experiencias en la Argentina: estado actual de la tecnología de la fertilización en bosques cultivados de la Argentina.

- En nuestro País la fertilización forestal se aplica casi exclusivamente a bosques cultivados de especies exóticas, ya sea en la producción de plantas (vivero) como en los rodales.
- Actualmente hay forestadas unas 1.200.000 ha; en donde los grupos más importantes son pinos, luego eucaliptos y por último Salicáceas (sauces y álamos).
- Las regiones forestales por excelencia de la Argentina son la Mesopotamia y el Delta del Paraná.

Fertilización forestal en Entre Ríos (*E. grandis*).

- forestaciones en el este de la Provincia.
- suelos con baja capacidad de P (3 - 5 ppm)
- ensayos previos (INTA, empresas) mostraron respuesta positiva generalizada y acentuada a la fertilización de arranque; diferencia muy visible respecto de no fertilizar.
- los beneficios de estas respuestas no han sido cuantificados monetariamente.
- escasos ensayos al turno (1 publicado)
- la fertilización de arranque es generalizada, forma parte del paquete tecnológico de implantación. Se utilizan 70 g/planta de fosfato diamónico (DAP). No hay diagnóstico sitio - específico.
- aplicación manual (operario con morral y vasito), alrededor del plantín y sin incorporar; con anterioridad se hacía mecanizada, con fertiplantadora.
- en vivero: algunos viveros grandes utilizan fertirrigación con un protocolo de nutrición para cada etapa de producción de plantín (establecimiento-crecimiento-rusticación).

Fertilización forestal en Corrientes (*P. taeda*; *P. elliotii*; *E. grandis*, *Grevillea*).

- forestaciones en el sudeste (eucaliptos), centronorte y noreste (pinos, eucaliptos y grevillea o roble sedoso).
- suelos con baja capacidad de P (1 - 6 ppm).

Eucaliptos y Grevillea:

- ensayos previos (INTA, empresas) mostraron respuesta positiva generalizada y acentuada a la fertilización de arranque; diferencia muy visible respecto de no fertilizar.
- los beneficios de estas respuestas no han sido cuantificados monetariamente.
- sin ensayos publicados al turno
- la fertilización de arranque es generalizada, forma parte del paquete tecnológico de implantación. Se utilizan 70 a 100 g/planta de fosfato diamónico (DAP). No hay diagnóstico sitio - específico.
- aplicación manual (operario con morral y vasito), alrededor del plantín; con o sin incorporar.

Fertilización forestal en Corrientes (cont.)

Pinos:

- ensayos previos (INTA, empresas) no son concluyentes en cuanto a la respuesta a la fertilización de arranque de los pinos; hay dudas en cuanto a si ocurre siempre o no, y también si su magnitud justifica el tratamiento.
- los beneficios de estas respuestas no han sido cuantificados monetariamente.
- sin ensayos publicados al turno
- la percepción general es que los pinos no responden adecuadamente a la fertilización, por ello la mayoría de los productores no fertiliza los pinos.
- con anterioridad (ej. hace 10 años) las grandes forestaciones se ejecutaban con fertilización de arranque generalizada, como parte del paquete tecnológico de implantación. Se aplicaban 200 kg/ha de superfosfato triple con fertilizadora, localizada en la línea de plantación. No se hacía diagnóstico sitio - específico.

Había respuestas significativas (ej. + 50 cm altura), y se hacían proyecciones al turno. Con el precio constante de la madera y el incremento de precio de fertilizantes los análisis costo-beneficio comenzaron a acercarse a cero y hace 5 años se dejó de aplicar.

Fertilización forestal en Misiones (*P. taeda*, *P. elliottii* y *E. grandis*)

Pinos:

- si bien hay investigaciones en marcha de grupos nacionales y consorcios internacionales, en la actualidad los rodales de pinos no se fertilizan.
- en cambio la fertilización se utiliza en forma extensiva en la producción de plantas: se realizan fertirriegos en viveros, así como en algunos casos se fertiliza el sustrato de cultivo (gránulos liberación lenta). Los cultivos de "plantas madre" para la clonación de pinos se efectúan en hidroponía (abajo), cuya solución nutritiva se controla mediante monitoreo de conductividad. Es un manejo muy detallado que incide en el enraizamiento de los "cuttings".



Fotos:
Paul
Forestal
SA.

Fertilización forestal en Misiones (*P. taeda*, *P. elliottii* y *E. grandis*)

Eucaliptos:

- similar al resto de la Mesopotamia.
- se realiza una fertilización generalizada y de arranque, con 60 g/planta de DAP; se están evaluando fertilizantes más completos (con micronutrientes) de liberación lenta.
- no se realizan diagnósticos sitio-específicos
- la aplicación es manual y localizada alrededor de la planta, con incorporación.
- se carece de una fundamentación económica basada en estudios al turno.

Fertilización forestal en otras regiones.

Salicáceas en el Delta del Paraná y la Pampa Húmeda:

- hay algunos desarrollos en marcha para el caso de los álamos en la Pampa Húmeda, pero no se utiliza la fertilización como tratamiento comercial.

Eucaliptos en Pampa Húmeda:

- existen algunos antecedentes sobre el uso de la fertilización de arranque, pero no se emplean actualmente a escala comercial.

Pinos en Patagonia (*P. ponderosa*)

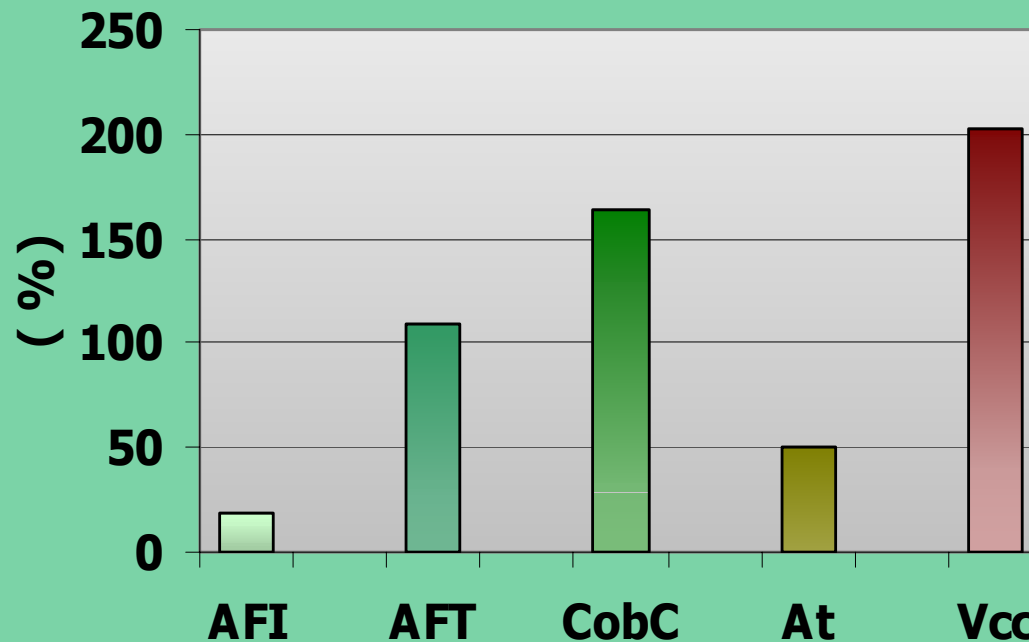
- no se emplean fertilizantes en las plantaciones, aunque sí se utilizan en la producción de plantines.

Estudio de caso I: Predictibilidad de respuesta inicial al turno.

efectos de la fertilización de arranque con N y P en plantaciones de álamo de la Pampa Humeda

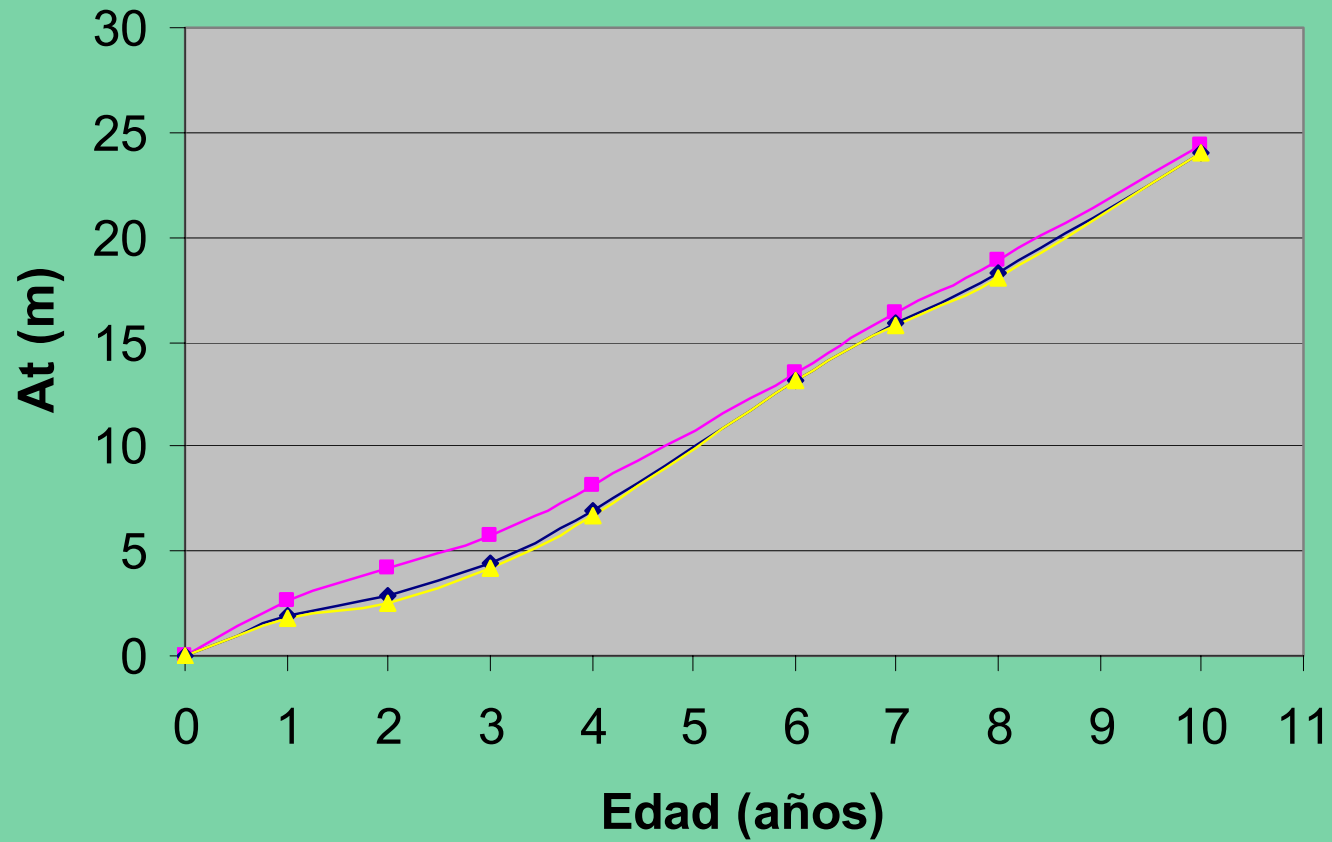


Alberti, Bs. As.
Efectos combinados del control químico mecánico y la fertilización de arranque con N y P.
Arriba izq., T-; arriba der., control mecánico, abajo izq. Control QM, abajo der. Control QM + fertilización
Primera estación de crecimiento.

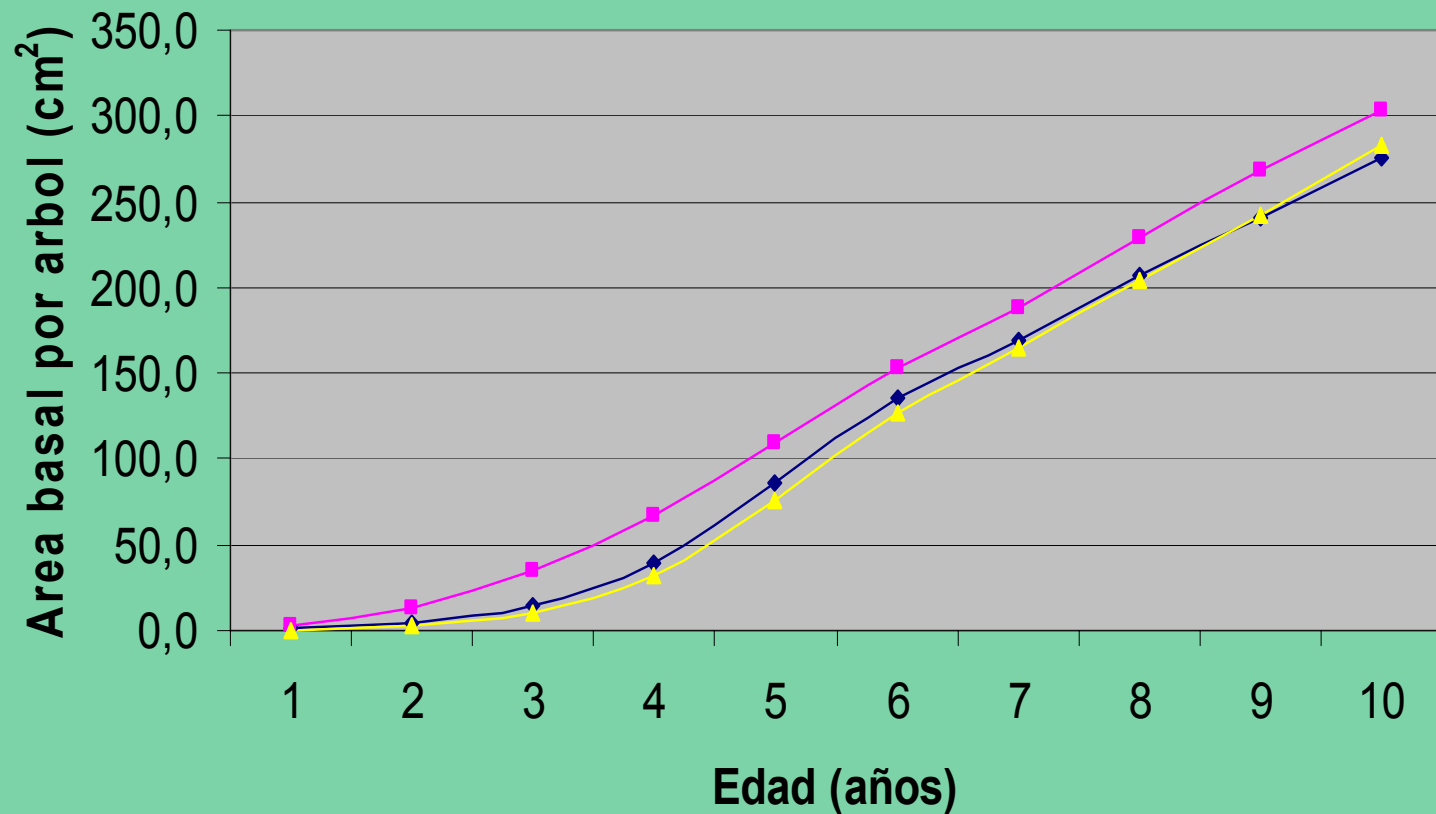


Alberti, Bs. As.: Respuesta de *P. deltoides* 'Delta Gold' al segundo año de crecimiento; diferencia porcentual entre el tratamiento de control de malezas con fertilización y el testigo (control sin fertilización).

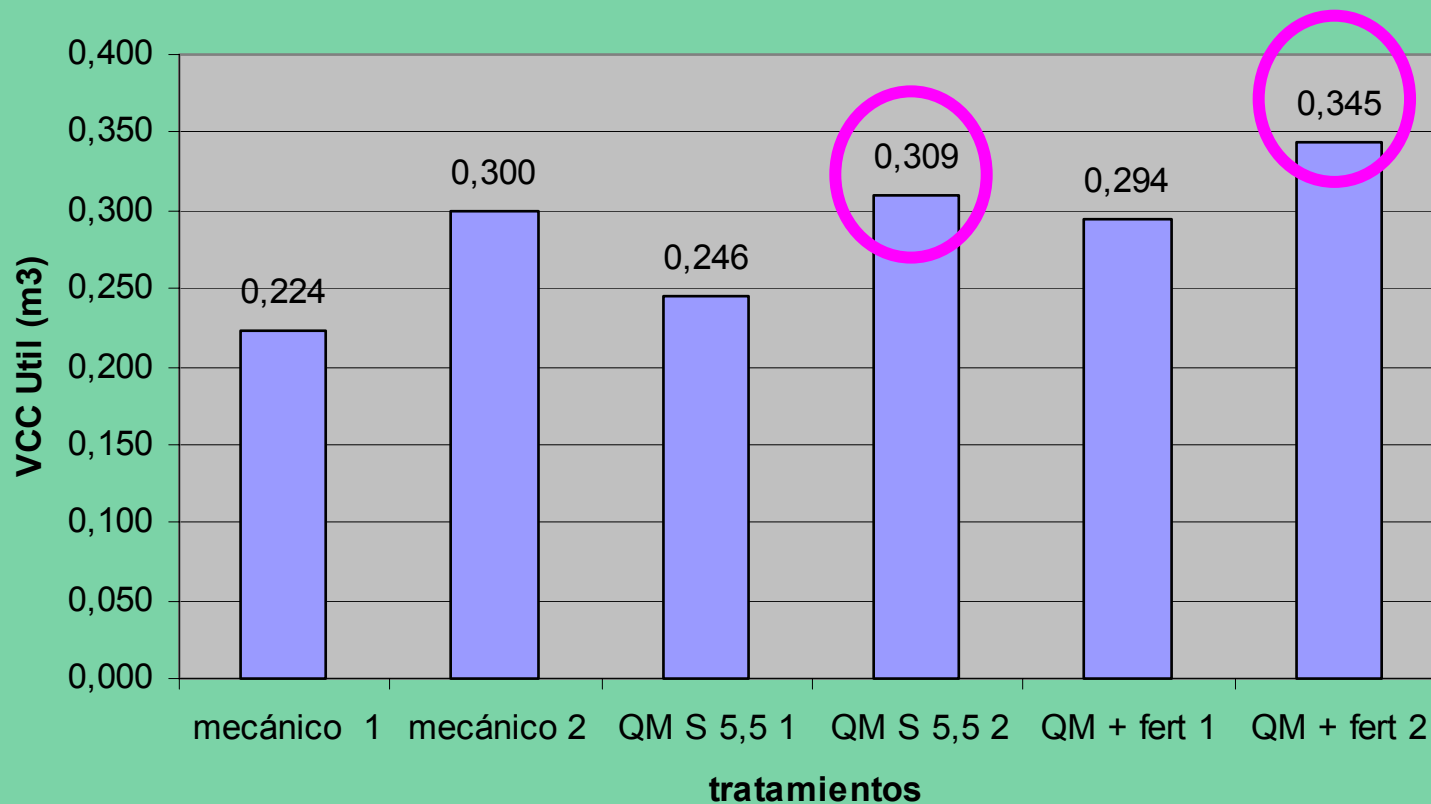
(Horizonte superficial: 2,52% de MO, 0,12% N total, 8,5 mg.kg⁻¹ P extractable, 2 cmol.kg⁻¹ K intercambiable, pH 7,4, textura franca).



—■— At fert —◆— At no fert —▲— At mec



—◆— sin fertilizar —■— fertilizado —▲— mecánico



Diferencias *marginamente* significativas ($0,0515 \leq p \leq 0,0610$) en favor de las parcelas fertilizadas sobre las no fertilizadas para el DAP, el VCC total y el VCC útil, no así para la altura total.

las estimaciones de toneladas útiles resultaron:

-rodal fertilizado: 234,2 t/ha

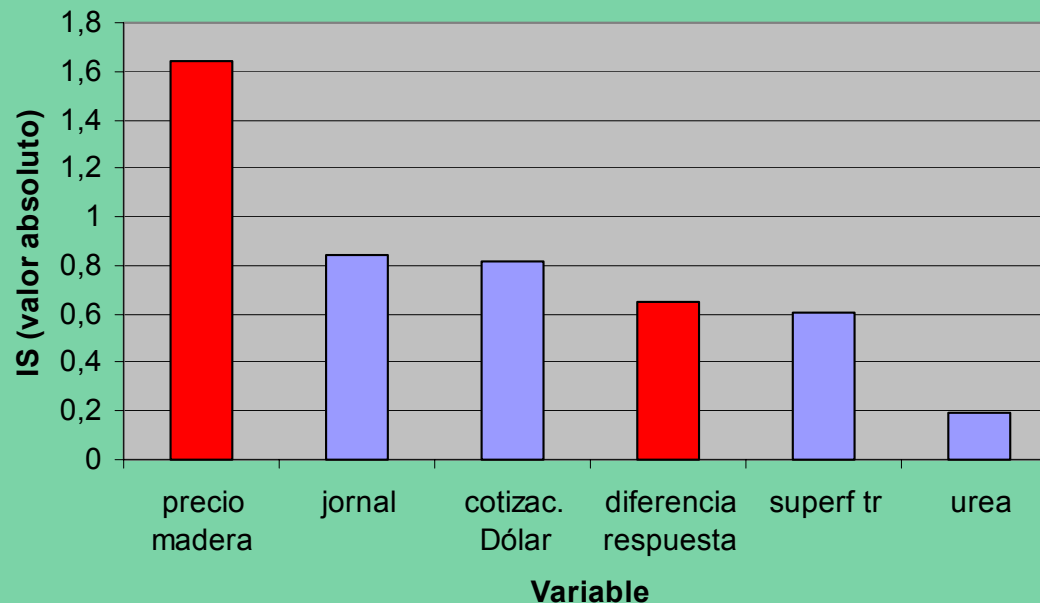
-rodal no fertilizado: 204,1 t/ha

Análisis económico-financiero.

- El VAN de la fertilización efectuada en 1998 es = - 804,11.

-Análisis de sensibilidad (reducción del 10% en variables).

$$IS = (d \text{ VAN} / \text{VAN inic.}) / (d \text{ Var } x / \text{Var } x \text{ inic.})$$



Las columnas azules indican una variación positiva del VAN y las columnas rojas una variación negativa.

Estudio de caso II:

Utilidad de las herramientas de diagnóstico integradas e importancia de la fertilización balanceada

Antecedentes con álamo en Bragado.

- cuando se fertilizaba con N y P podían aparecer síntomas de deficiencia que no eran ni a N ni a P.
- las respuestas obtenidas con N y P eran inferiores a las esperadas (en algunos casos las fertilizadas crecían menos que las no fertilizadas)
- se indagó sobre la deficiencia de otros nutrientes

1° -Diagnóstico foliar

Some principles of visual diagnosis of nutritional disorders

Plant part	Prevailing symptom	Disorder	
<i>Deficiency</i>			
Old and mature leaf blades	Chlorosis	Uniform	N (S)
		Interveinal or blotched	Mg (Mn)
	Necrosis	Tip and marginal scorch	K
		Interveinal	Mg (Mn)
Young leaf blades and apex	Chlorosis	Uniform	Fe (S)
		Interveinal or blotched	Zn (Mn)
	Necrosis (chlorosis)		Ca, B, Cu
	Deformations		Mo (Zn, B)
<i>Toxicity</i>			
Old and mature leaf blades	Necrosis	Spots	Mn (B)
		Tip and marginal scorch	B, salt (spray injury)
	Chlorosis, necrosis		Nonspecific toxicity



Clave para el diagnóstico de deficiencia o toxicidad de nutrientes en base a síntomas foliares (tomado de Marschner, 1998).

Síntomas de deficiencia relativa en Zn inducida por la fertilización nitrogenada y fosforada, álamo de un año de edad, Alberti, Bs.As.

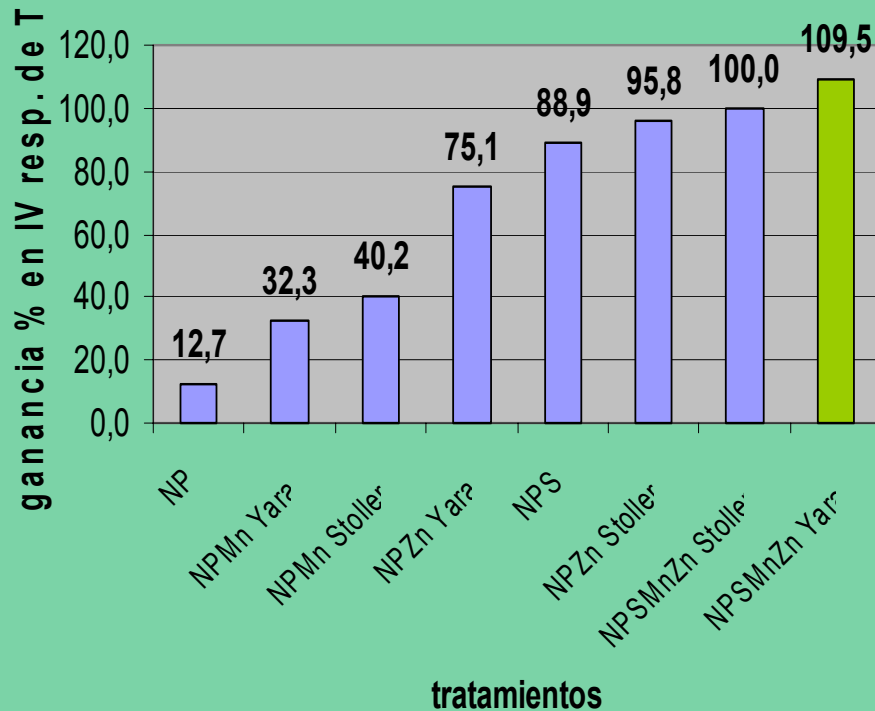
2° -Diagnóstico por análisis suelos

María Dolores		
Sector VI-10		
Profundidad	0-25 cm	25-50 cm
Mat. Org. %	2,90	1,55
N total %	0,135	0,074
P extr. mg.kg ⁻¹	7,69	4,87
Sulfatos extr. mg.kg ⁻¹	5,80	4,10
Zn disp. mg.kg ⁻¹	1,57	0,64
Mn disp. mg.kg ⁻¹	66,4	41,9

Elección del sitio de ensayo a partir de análisis de suelos

3° - Ensayo de tratamientos correctivos

Los tratamientos correctivos con S y Zn incrementaron la respuesta al N y P.



El tratamiento con la barra verde es el único con diferencias estadísticamente significativas respecto del testigo.

Bibliografía:

- Binkley, D. (1993). Nutrición forestal: Prácticas de manejo. Ed. Uteha, México. Capítulo 5, pp. 135-163.
- Daniel T.W., Helms J.A. y Baker F.S. (1982). Principios de Silvicultura. MacGraw Hill. Cap. 17, pp. 407-426.
- Echeverría, H. y F. García (Eds.) (2005). Fertilidad de suelos y fertilización de cultivos. INTA – INPOFOS, Buenos Aires, Capítulo 22, pp. 445-454.
- Snowdon, P. (2000). Soil-based information for developing sustainable plantation forestry in Australia. Plantation growth as a measure of site productivity and soil change. Final Report for Forest and Wood Products Research and Development Corporation. CSIRO Forestry and Forest Products 42 pp.