

DETERMINACIÓN DE NECESIDADES NUTRIMENTALES PARA LAS ESPECIES *Swietenia macrophylla* Y *Cupressus lusitanica* EN PRUEBA DE INVERNADERO

A. Paniagua-Vásquez; H. Toruño-Gutiérrez

Universidad Nacional, Instituto de Investigación y Servicios Forestales, Programa de Suelos. Heredia, Costa Rica

RESUMEN

Se determinaron los requerimientos nutrimentales de *Swietenia macrophylla* y *Cupressus lusitanica* en un Inceptisol y Ultisol provenientes de la región Huetar Norte de Costa Rica, en una prueba de invernadero utilizando una metodología que involucra tres pasos fundamentales: a) análisis preliminar de la muestra original, b) estudios de Sorción, c) técnicas de invernadero. La muestra del suelo se recolectó en sitios representativos a una profundidad de 0-25 cm.

En Inceptisol los requerimientos para *Swietenia macrophylla* en orden según las pruebas de invernadero fueron: P> Cu> B> Fe> N, para *Cupressus lusitanica* fueron: P> K> Mn> Cu> Zn> Fe.

En Ultisol los requerimientos nutrimentales para *Swietenia macrophylla* fueron: B> Fe> Mn> Zn> N> P> K> Cu. Es importante considerar que son los elementos menores los que tienen mayor respuesta a la aplicación, con las variables de crecimiento los mayores valores se obtuvieron en orden K> N> P, para *Cupressus lusitanica* resultados fueron: N> P> Mn> Fe> Zn. Con las variables de crecimiento los mayores valores se obtuvieron en orden K> N> P.

PALABRAS CLAVE: nutrición forestal, necesidades nutrimentales, *Swietenia macrophylla*, *Cupressus lusitanica*.

DETERMINATION OF THE NUTRITIONAL REQUIREMENT TO *Swietenia macrophylla* AND *Cupressus lusitanica* IN GREENHOUSE TRIAL

SUMMARY

Was determined the nutritional requirements of *Swietenia macrophylla* and *Cupressus lusitanica* in two soils Inceptisol and Ultisol the North Region of Costa Rica in a test of greenhouse using one technique that involves: a) preliminary analysis of the original sample, b) Studies of Sorción, c) Techniques of greenhouse.

There was significant difference among the treatments with height in the Inceptisol, for *S. macrophylla* and *C. lusitanica* what indicates that there is answer to the application of additional fertilizer in the field.

For the Inceptisol the requirements for *S. macrophylla* in order according to the tests gives greenhouse they were: P> Cu> B> Fe> N. For the *C. lusitanica* they were: P> K> Mn> Cu> Zn> Fe.

For the Ultisol the nutritional requirements for *S. macrophylla* were: B> Fe> Mn> Zn> N> P> K> Cu. It is important to consider that they are the microelements those that have bigger answer to the application, with the variables of growth the biggest securities they were obtained in order K> N> P. And *C. lusitanica* were: N > P > Mn > Fe > Zn.

With the variables of growth the biggest securities they were obtained in order K > N > P.

KEY WORDS: nutrition, forestry nutritional requirement, *Swietenia macrophylla*, *Cupressus lusitanica*.

INTRODUCCIÓN

Los agricultores costarricenses han usado el suelo con cierta sabiduría ya que no han permitido que su finca pierda su valor natural, por lo que han establecido plantaciones perennes incluidas las forestales en sitios de ligeras pendiente bajo sistemas conservacionistas (Alvarado, 1997). En cuanto al crecimiento de los árboles, varía según la calidad del sitio donde se plante. La nutrición de las especies forestales, depende del uso adecuado de la especie en el sitio conveniente. Se menciona que especies de hoja ancha requieren más nutrimentos que los de hoja angosta; sin embargo, no hay datos que verifiquen esta suposición (Alvarado y Soto, 1995). La región norte de Costa Rica es una de las más aprovechadas para las plantaciones forestales.

Para el establecimiento y mantenimiento de un programa efectivo de evaluación de fertilidad de suelos, es necesario diagnosticar con exactitud el estado de fertilidad de elementos nutritivos que en el suelo afecta el crecimiento de las plantas. La fertilidad depende de la disponibilidad de un elemento en términos de suministro adecuado o excesivo, con relación a la necesidad de una especie o variedad de plantas para que éstas puedan mostrar todo su potencial genético de crecimiento y producción. Esta disponibilidad depende de características físicas y químicas del suelo, características de la planta y otros factores como temperatura, humedad, luz, control de plagas y enfermedades (RELACO, 1995). La corrección de los factores limitantes dependerá de los recursos disponibles y habilidad para hacerlo. La fertilidad del suelo es sólo uno de los factores de crecimiento. La técnica involucra los siguientes pasos. a) análisis preliminar de la muestra original. Debe tomarse la muestra de tal manera que sea representativa de la profundidad o área de la cual sea necesaria la información. b) estudios de sorción. Esto se realiza añadiendo al suelo, una solución de distintas cantidades y niveles de elementos. La cantidad de solución agregada es suficiente para saturar completamente la muestra del suelo. c) técnicas de invernadero del rango en que varios elementos limitan el crecimiento vegetal (Díaz y Hunter, 1982)

Debido a que no se ha encontrado con precisión las necesidades nutrimentales por especie y sitio (Paniagua,

2002), aunque se han realizado varios ensayos de fertilización en plantaciones principalmente de ciprés, sin especificar el por qué de las fórmulas y dosis utilizadas (Rodríguez y Fonseca, 1994). Con *S. macrophylla* la información al respecto es reducida.

El objetivo principal fue determinar los requerimientos nutrimentales mediante demostración en invernadero de *Swietenia macrophylla* y *Cupressus lusitanica* en Inceptisol y Ultisol.

METODOLOGÍA

La metodología empleada es la recomendada por Díaz y Hunter (1982). La cual involucra los tres pasos descritos arriba.

Análisis preliminar del suelo

Se siguieron las metodologías usadas en los laboratorios de análisis de suelo de Costa Rica (Henríquez *et al.*, 1995). pH en solución acuosa 1:2,5; P, K, Mn, Zn, Cu, Fe en solución Olsen modificada 1:10, acidez, Ca, Mg en solución KCl 1N 1:10, materia orgánica por titulación con dicromato de potasio.

Como vemos en el Cuadro 1 y considerando que las plantaciones forestales generalmente se establecieron sobre suelos con problemas de fertilidad principalmente los Ultisoles, tanto química en cuanto a disponibilidad y contenido de elementos, como con problemas físicos provocados por los contenidos de arcilla, como se muestra en el Cuadro 2, el Inceptisol ha sido un suelo manejado diferente y además por su naturaleza los contenidos nutrimentales son mejores, su problemática fundamental es el lavado de bases, principalmente por la cantidad de lluvias propias de la región Huetar norte.

Curvas de sorción o de fijación

Cuando al suelo se le aplica algún material o elemento, queda sujeto a cambios físicos, químicos y biológicos, debido al cambio en las reacciones internas, por eso es de esperar que su disponibilidad para la planta varíe no sólo por el elemento agregado, sino también a la dinámica del

CUADRO 1. Análisis químico inicial de suelos estudiados

Suelo	pH H ₂ O	% M.O	P	Mn	Zn	Cu	Fe	K	Ca	Mg	Acidez
Inceptisol	5.4	7.4	14	2	3.8	17	26	0.94	0.3	0.14	0.45
Ultisol	5.3	2.1	4	8.4	2.3	9	44	0.6	0.5	0.06	2.1

suelo. Por esa razón es necesario disponer de medios para determinar la capacidad de fijación de los suelos.

Los estudios de fijación se realizaron adicionando a los suelos cantidades crecientes de nutrimentos, luego se secaron al aire y se extrajeron los nutrimentos P, K, Zn, Cu, en solución Olsen modificada (Sancho, 1982)

La finalidad de la curva es determinar la cantidad aplicada de nutrimento necesaria para extraer del mismo una cierta cantidad establecida de antemano y representa tres veces el nivel crítico, descrito como el nivel por debajo del cual se esperan grandes respuestas en rendimiento (Waug *et al.*, 1973). En el Cuadro 3 se muestran esas cantidades.

CUADRO 3. Cantidad de elemento adicionado para extraer tres veces el nivel crítico, según la curva de sorción para K, P, Zn y Cu.

Suelo	K cmol(+)/L	P (µg/ml)	Zn (µg/ml)	Cu (µg/ml)
Inceptisol	0.05	217	22.25	0.42
Ultisol	0.38	264	0.02	0.54
N.crítico	0.20	12	3	1

Ensayos de invernadero

Una vez realizadas las curvas de fijación o porción, se procede a establecer los tratamientos, iniciando con el óptimo, si la cantidad de elemento extraído originalmente estuvo por debajo de tres veces el nivel crítico, se le adicionó la cantidad de ese elemento necesaria para obtener tres veces el nivel crítico, para esto se usan las curvas de sorción (Paniagua, 2002). Los otros tratamientos reciben igual adición de nutrimentos al óptimo, excepto que no se le agregó el elemento que se quería probar, como se muestra en el Cuadro 4, estos tratamientos se establecen con repeticiones para una evaluación estadística posterior.

Las unidades experimentales fueron macetas plásticas de 100 ml; para la aplicación del fertilizante a los suelos se preparó una serie de soluciones, cuya composición y concentración se mostró en el Cuadro 4. El calcio y el magnesio se aplicó en forma de CaCO_3 y MgCO_3 respectivamente. El riego fue suplido por capilaridad. En las macetas se colocaron dos plantas de la especie a evaluar, se dejó crecer hasta ocho semanas y luego se cortaron a la base del tallo. Se determinó altura promedio y diámetro a la base del tallo y peso verde para cada unidad experimental. El material vegetal se llevó al laboratorio donde se secó en una estufa a 70 °C y se determinó peso seco.

La materia seca fue molida y posteriormente se realizó el análisis químico foliar, nitrógeno, fósforo, potasio, calcio,

magnesio, cobre, hierro, manganeso, y zinc. Para la evaluación estadística se realizó un análisis de varianza y luego una prueba Duncan

CUADRO 4. Cantidades de elementos a agregar a cada suelo en g para obtener el óptimo teórico.

Tratamiento	Inceptisol	Ultisol
Óptimo	Todos los nutrimentos +Ca+Mg	Todos los nutrimentos +Ca+Mg
Óptimo – N	1.5 g/5 L agua	1.5 g/5 L agua
Óptimo – P	9.3 g HPO_4	37.0 g HPO_4
Óptimo – K	0.15 g KCl	0.05 g KCl
Óptimo – Mn	10.8 g MnCl	2.7 g MnCl
Óptimo – Cu	0.5 g CuSO_4	0.54 g CuSO_4
Óptimo – Zn	0.12 g ZnSO_4	0.02 g ZnSO_4
Óptimo – B	0.15 g HBO_3	0.29 g HBO_3
Óptimo - Fe	0.97 g EDTA-Fe	0.24 g EDTA-Fe
TESTIGO	Nada agregado	Nada agregado

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Análisis inicial del suelo

Los dos suelos manifestaron problemas de acidez, siendo más alta en el Ultisol (118 %), lo que se verifica con los contenidos de acidez intercambiable. El pH no fue problema evidente, lo que descartó que la acidez fuera provocada por el contenido de H, la razones principales es que estos suelos han tenido influencia de materiales parentales pobres en bases y la cantidad de lluvia ha permitido el lavado de las mismas (Cuadro 2). El Inceptisol tiene 33 % de saturación de acidez, lo que obliga a aplicar CaCO_3 y MgCO_3 hasta lograr un equilibrio con las bases intercambiables, además de proporcionarles los elementos Ca y Mg. Se manifiesta un exceso de K respecto al Ca y Mg. El contenido de esos suelos en materia orgánica es bueno, oscilando entre 2 y 7 % (Cuadro1), valores considerados altos en bosque tropical, y la textura es media, lo que indica que es fácil de manejar y no hay problemas de inundaciones en el caso de texturas francas y franco arenosas. Con respecto a la arcilla, en Ultisol, se corrige con adiciones de enmiendas orgánicas, encalado y fertilizaciones. Esto indica que el tiempo ha ejercido un efecto positivo en la producción de microorganismos y recirculación de nutrimentos bien sea por caída de las hojas de los árboles y su posterior descomposición, o por el hecho mismo del uso en plantación. Además se asocian a materiales volcánicos lo que hace que la alófana se asocie con la materia orgánica para formar complejos organominerales resistentes a la degradación de microorganismos (Mata,1982), esto explica el contenido de pH.

El potasio en ambos suelos estuvo dentro del rango considerado óptimo (0.2cmol(+)/L). En cuanto al calcio y magnesio los valores fueron muy inferiores a los niveles adecuados (4 y 1.5 cmol(+)/L, respectivamente), esto afecta al hecho de que no haya equilibrio entre las bases intercambiables (Ca, Mg, K). La capacidad de intercambio efectiva (CICE), estuvo por debajo del nivel medio (>5.0), afectando así todas las relaciones, por la baja concentración del elemento individual Ca y Mg y un contenido alto de K (Cuadro 2).

Curvas de fijación

En las Figuras 1 y 2 se muestran las curvas de fijación o sorción para los elementos potasio y fósforo.

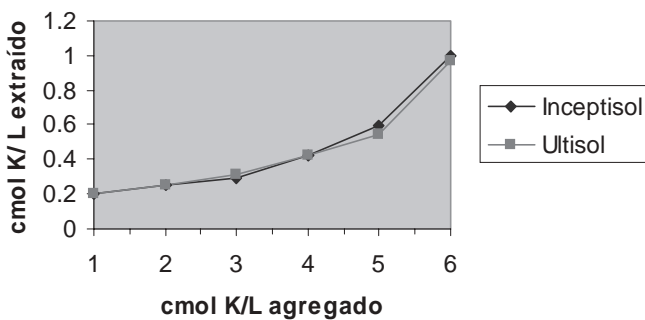


FIGURA 1. Curva de porción para potasio en Inceptisol y Ultisol.

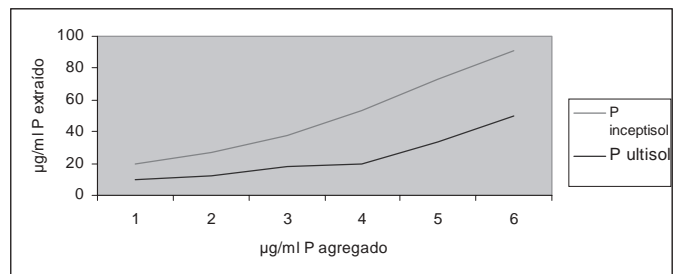


FIGURA 2. Curva de porción para P en Ultisol e Inceptisol.

Pruebas de invernadero

Las variables de producción se midieron por medio de los rendimientos relativos.

En las Figura 3 y 4 se muestra los rendimientos obtenidos en *Swietenia macrophylla* y *Cupressus lusitánica* en los suelos estudiados. Como se mostró en la Figura 1 en el Inceptisol se encontró diferencia significativa con la especie caoba, en Ultisol con elementos menores hubo diferencias con la especie ciprés.

Respuesta de fertilización en Inceptisol y Ultisol con Caoba

Con *Swietenia macrophylla* en los dos suelos hay

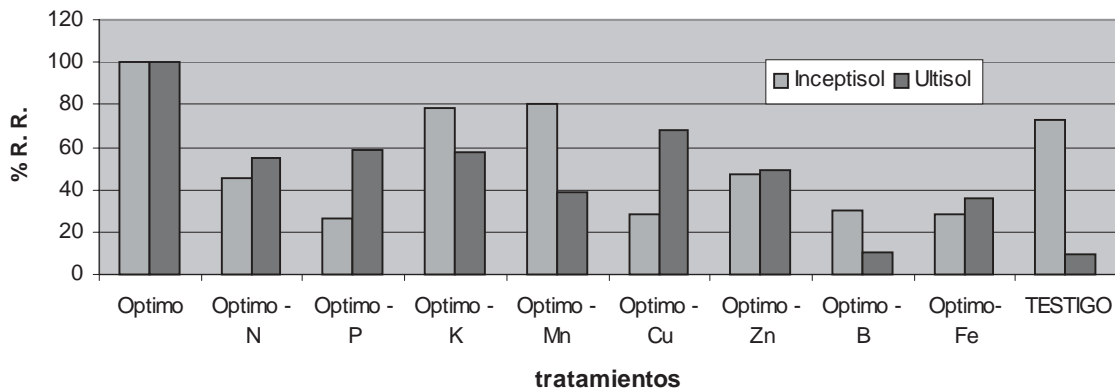


FIGURA 3. Rendimiento relativo de caoba en Inceptisol y Ultisol.

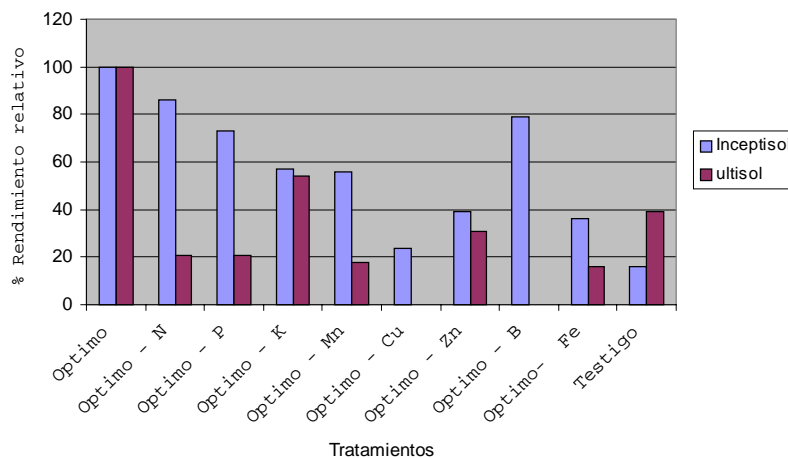


FIGURA 4. Rendimiento relativo del *Cupressus lusitánica* en Ultisol e Inceptisol.

respuesta a la aplicación de fertilizantes, ya que el comportamiento de ambos suelos es similar, lo que sugiere que esta especie debe ser fertilizada, principalmente en los Ultisoles.

- Para el Inceptisol los requerimientos en orden según las pruebas de invernadero son: P> Cu> B> Fe> N.
- En el Ultisol los requerimientos son: B> Fe> Mn> Zn> N> P> K> Cu.
- Es importante considerar que son los elementos menores los que tienen mayor respuesta a la aplicación.
- Con las variables de crecimiento los mayores valores se obtuvieron en orden K> N> P.

Respuesta a la fertilización en ciprés en Inceptisol y Ultisol

- El ciprés responde teóricamente a los elementos menores principalmente en el Ultisol, como se mostró en el análisis de varianza Cuadro 6, por lo que se procedió a realizar una prueba de medias, donde se encontró que los tratamientos óptimo y - K fueron superiores a los demás en Inceptisol. Con la prueba de medias en Cuadro 7, se encontró lo que indica que no es necesario aplicar este fertilizante en este suelo a esta especie.

CUADRO 6. Análisis de varianza para altura en *Cupressus lusitanica* en la prueba de invernadero.

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	F
Repeticiones	2	2.02	1.01	2.69*
Tratamientos	9	13.0	1.44	3.84**
Error	18	6.75	0.375	
Total	29	21.77		

CUADRO 7. Prueba de medias para *Cupressus lusitanica* en Inceptisol.

Óptimo	- K	- Fe	- B	N-T	- Zn	Mn-Cu	- P
P	2.1 ^a	1.9 ^a	1.0 ^b	0.9 ^c	0.4 ^d		
Mn-Cu	1.8 ^a	1.6 ^a	0.7 ^b	0.6 ^c			
Zn	1.7 ^a	1.5 ^a	0.6 ^b				
N-testigo	1.4 ^a	1.2 ^a	0.3 ^b				
B	1.2 ^a	1.0 ^{ab}	0.1				
Fe	1.1 ^a	0.9 ^{ab}	0	D			
K	0.2 ^b	0					
Óptimo	0						

Letras iguales en la misma columna son iguales estadísticamente

Los tratamientos óptimo y - K son superiores a los demás para el *Cupressus lusitanica* en un Inceptisol.

En el caso del Inceptisol según la prueba de invernadero los resultados fueron: P> K> Mn> Cu>Zn>Fe.

Para el Ultisol los resultados fueron: N> P> Mn> Fe> Zn.

AGRADECIMIENTO

Los autores expresan su agradecimiento al INISEFOR y al personal de invernadero por la colaboración en la realización de esta investigación.

LITERATURA CITADA

- ALVARADO, A. 1997. El papel del estudio del suelo en la agricultura costarricense. AGRONAT 97, Cuba. Memorias Encuentro bilateral de Instituciones Promotoras de la Agricultura Natural, 3-8 Feb. p. 120-127.
- ALVARADO, A.; SOTO, G. 1995. Algunos aspectos del manejo de suelos forestales. Memoria Seminario Técnico fertilización forestal. Santiago de Veraguas. PA. 3 julio CATIE/INRENARE. p. 1-9.
- DÍAZ-ROMEÚ, R.; HUNTER, A. 1982. Metodología de muestreo de suelos, análisis químico de suelos y de tejido vegetal y de investigación en invernadero. CATIE. Turrialba, Costa Rica. 62 p.
- HENRÍQUEZ, C.; BERTSCH, F.; SALAS, R. 1995. Fertilidad de suelos-Manual de laboratorio. Asociación Costarricense de la Ciencia del Suelo. San José, Costa Rica. 64 p.
- MATA, R. 1982. Variaciones pedogenéticas de tres secuencias topográficas del bosque tropical seco de Costa Rica. Tesis Mag. Sc. Turrialba, CATIE. 120 p.
- PANIAGUA V. A. 2002. Análisis de suelos y foliares en viveros y plantaciones forestales. INISEFOR- UNA. Vicerrectoría Académica. Informe final.
- RELACO. 1995. Red latinoamericana de labranza conservacionista. Memorias de III Reunión bienal, san José, Costa Rica 4-8 Diciembre.
- RODRÍGUEZ, A. D.; FONSECA, W. 1994. La fertilización con NPK en fórmulas completas para *Cupressus lusitanica*, Miller. Ciencias Ambientales. N°. 11. p. 4-11.
- SANCHO, F. 1982. Evaluación de la fertilidad de tres secuencias topográficas en el Pacífico Seco de Costa Rica. Tesis Mg. IICA/ CATIE-UCR. 136 p.
- WAUG, W. D.; CATE, R.; NELSON, L. 1973. Discontinuos models for rapid correlation, interpretation of soil analysis and fertilizer response data. North Carolina, State University at Raleigh. ISFEI Technical bulletin N°. 7.