

Corporación Nacional de Investigación y Fomento Forestal



FORO SOBRE NUTRICION Y FERTILIZACION FORESTAL

JUNIO 26 y 27 de 1980

**LA DEFICIENCIA DE FOSFORO Y NITROGENO EN SUELOS
FORESTALES Y EXPERIENCIAS PARA SU CORRECCION**

**Por: HEINO VON CHRISTEN
Asesor Forestal de la C.V.C.**

Bogotá, 1980

CONTENIDO

	<u>PAGINAS</u>	
I.	RESUMEN E INTRODUCCION	1
II.	INFERTILIDAD NATURAL DE LOS SUELOS	3
III.	CLIMA Y FORMACION DEL HUMUS	4
IV.	MANEJO DE LOS SUELOS FORESTALES A TRAVES DE LA MANIPULACION DEL HUMUS	6
V.	ASPECTOS DEL MANEJO DE LOS SUELOS DE BAJURA	9
	5.1 BOSQUE EXPLOTADO	9
	5.2 SABANA	12
VI.	PLANTAS AUXILIARES	14
VII.	EVALUACION DEL NITROGENO EN EL SUELO	18
VIII.	POSIBILIDADES DE ENRIQUECIMIENTO DE LOS SUELOS CON NITROGENO Y FOSFORO	20
	8.1 NITROGENO	20
	8.2 FOSFORO	25
IX.	INTERACCIONES ENTRE N Y P Y SU IMPORTAN- CIA PARA LA FERTILIZACION	33
	CONCLUSIONES	37

G R A F I C A S

1. Relación entre el contenido de la materia orgánica en el suelo superior (0 - 30 cm) y :
 - A. La precipitación
 - B. la altura en Africa del Este

Según Hardon (16)
2. Incremento en altura de Pinus caribaea de 9 años de edad en la bajura húmeda de Oeste de Malasya, 3 años después de la fertilización (vegetación anterior: savana).
Segun Lim y Sundralinghan (17).
3. Crecimiento en área basal de Pinus caribaea de 4 años de edad en la bajura húmeda de Oeste de Malasya, 38 meses después de la fertilización (vegetación anterior: bosque).
4. Variación de la relación C/N de suelos forestales con la altura en Indonesia.
Según Hardon (16)
5. Relación entre pH y C/N en suelos forestales de Indonesia.
Según Hardon (16)
6. Relación entre C/N y C/P org en el humus bruto de los suelos forestales en Alemania.
Según Ullrich (28)
7. Rendimiento sobre un sitio con una deficiencia de fósforo moderado y un sitio con una deficiencia extrema de fósforo fertilizados con nitrógeno y diferentes niveles de fósforo como modelo.
Segun Bengston y otros (5)
8. Incremento en altura de Pinus radiata de 6 años de edad en Australia despues de varias aplicaciones con N y P fertilizantes.
Segun Waring (31)
9. Relaciones N/P a varios puntos sobre la superficie de repuesta de nitrógeno - fósforo - incremento en altura.
según Rengston (6)

TABLAS

1. Análisis foliar de muestras afectadas y sanas de Pinus caribaea correspondientes a 5 localidades al Oeste de Malasya. Según Waring (32)
2. Adaptabilidad de algunas especies leguminosas de importancia agropecuaria en la zona baja tropical, adaptadas a algunas características edáficas y climáticas. Según Sánchez (21)
3. Relaciones entre carbón y nitrógeno (C/N) y entre carbón y fósforo orgánico (C/P org) para los diferentes tipos de humus en suelos forestales de Alemania. Según Ullrich (29)
4. Producción de hojarasca bajo un rodal de pino a diferentes edades en Gran Bretaña. Según Ovington, citado en (12).
5. Distribución de las diferentes formas de fósforo fijadas en horizontes bajos en materia orgánica (1-5) y en horizontes ricos en materia orgánica (6 y 7) en Alemania. Según Ullrich (29).
6. Influencia de una fertilización con roca fosfórica aplicada al tiempo del establecimiento según la altura promedio de Pinus elliotii a 5 años de edad en el primero y segundo turno (20 años) en N.S.W. Australia. Según Warin (33)
7. Producción de materia seca, absorción anual y contenido de nitrógeno y fósforo en Pinus radiata a 3 años de edad después de aplicaciones con fertilizantes en N.S.W. de Australia. Según Waring (31)
8. Efecto de la concentración de P en las hojas de Araucaria c. sobre el nivel crítico de N y vice-versa. Según Bengston (5).

RESUMEN

A base de la experiencia obtenida en otros países se discuten los problemas de fertilización forestal con fósforo y nitrógeno bajo las diferentes condiciones climáticas de Colombia.

Se refiere especialmente a los problemas de mal crecimiento de Pinus Caribe en la bajura de Malasia y a la formación de humus bruto en un clima templado y frío.

Se dá énfasis a la importancia de las especies auxiliares y del control de la maleza en programas de fertilización.

Se discuten los diferentes tipos de fertilizantes de nitrógeno y fósforo para el uso forestal.

Se llama la atención sobre la interacción de nitrógeno y fósforo y su consideración en programas de fertilización.

I. INTRODUCCION

En este primer foro sobre la fertilización forestal en Colombia no se pueden esperar resultados espectaculares, más bien un primer intercambio de ideas sobre un tema de gran importancia para la silvicultura del país.

A pesar de la falta de información concreta sobre la práctica de la fertilización, no podemos olvidar que la asistencia técnica que se presta a los reforestadores, necesita de una orientación general para la fertilización de las plantaciones recién establecidas. Se cree que se pueden establecer tales pautas, aún preliminares, basadas sobre la experiencia en el país pero especialmente en el exterior.

Hablando en términos generales, se puede decir que las fertilizaciones anteriores fueron en general de poca intensidad y a veces no solucionaron los problemas de deficiencia a largo plazo. Debemos aprender a pensar no en términos de uno o dos años pero sí en tiempos de uno o más turnos, es decir en varias décadas.

Tenemos muchas preguntas e inquietudes que pueden contestarse solamente a través de programas de investigación que ya incluyen ensayos, planificados para muchos años.

La infertilidad en su mayor parte es un problema creado por el hombre, pero la naturaleza tampoco es siempre perfecta. Hay también una infertilidad natural, que debe corregirse cuando aspiramos a rendimientos económicos de nuestras actividades silviculturales.

La fertilización forestal no es barata y fácilmente puede resultar en pérdidas económicas. La fertilización más económica es la que podemos evitar a través de otras medidas silviculturales, (selección de especies, limpias intensivas, etc.). De todos modos, no podemos solucionar un problema de infertilidad en una forma efectiva cuando desconocemos los factores causantes y los demás factores del sitio también influyente.

No podemos separar los problemas de fertilización de los demás tratamientos silviculturales. Existirán problemas futuros, ya predeterminados y creados por nosotros mismos, si no actuamos a tiempo; uno podría ser las pérdidas de nutrientes a través de una mineralización incontrolada del humus después de la tala rasa, el otro los daños a los suelos a través de una mala práctica de extracción de madera.

También debemos pensar en la restitución futura de los elementos nutritivos que se remueven a través de las cosechas, especialmente si trabajamos con especies de rápido crecimiento, como eucalypto con una producción anual hasta 40 M3/Ha. y más. Aquí la frase tiene validez: prevenir es mejor que curar.

II. INFERTILIDAD NATURAL DE LOS SUELOS:

Si miramos el problema de la fertilidad de los suelos forestales no solo desde el punto de vista agronómico, entonces debemos entrar un poco al campo de la ecología forestal, porque aún un tema de fertilidad más específico como la deficiencia de nitrógeno y fósforo tiene aspectos ecológicos. Algunos de ellos quiero mencionar en este documento.

Muchos ecólogos pensaron erróneamente en el pasado que el clima es el único factor importante que determina el tipo y la vigorosidad de la vegetación natural. Sin embargo trabajos importantes más recientes han demostrado claramente que las propiedades químicas y físicas pueden ser determinantes al respecto. Se mencionan solamente 4 ejemplos de interés especial.

1. La distribución de la vegetación natural de grandes partes de Australia está influida a través de la baja fertilidad de los suelos especialmente debido a la deficiencia en fósforo (4).
2. Ciertos bosques naturales de Borneo (Indonesia) sobre capas de pantano orgánico muy profundas son de muy baja calidad por la falta de nitrógeno y posiblemente de otros elementos nutritivos (1).
3. Un problema parecido existe en las montañas tropicales sobre ciertos tipos de suelos y clima. Bajo los bosques naturales forman enormes capas de turba extremadamente ácida. Esta capa orgánica contiene altas cantidades de elementos nutritivos, pero en su mayoría no son aprovechables y se sospecha que la baja calidad de muchos bosques naturales ocurre por deficiencias de nitrógeno y fósforo (15).
4. La ocurrencia de inmensas sabanas en Brasil, como el Campo Cerrado, se atribuye principalmente a la deficiencia de los elementos nutritivos en los suelos (18).
Según el tipo de clima y de las condiciones físicas excelentes se espera un bosque alto. Condiciones similares aparentemente existen en los Llanos Orientales de Colombia.

III. CLIMA Y FORMACION DEL HUMUS

El estado de la fertilidad de los suelos forestales está determinado fuertemente por la cantidad y calidad del humus.

Por lo tanto, interesa conocer los factores causantes más importantes para su formación.

El contenido del humus está relacionado en un alto grado con las condiciones climáticas del sitio. Este es importante particularmente para Colombia, donde existen grandes diferencias en la temperatura y en la cantidad y distribución de las lluvias.

El contenido de la materia orgánica en el suelo depende en gran parte de la temperatura. Con la disminución de la temperatura aumenta el contenido de la materia orgánica generalmente. Como la temperatura baja con el aumento de la altura, el contenido de la materia orgánica incrementa correspondientemente (Ver graf.1-B).

Con el aumento de la precipitación anual aumenta la producción de biomasa que provoca una mayor cantidad de materia orgánica en el suelo. (ver graf. 1-A).

En zonas superhúmedas la cantidad de humus aumenta por una descomposición incompleta, debido a condiciones anaeróbicas en el suelo.

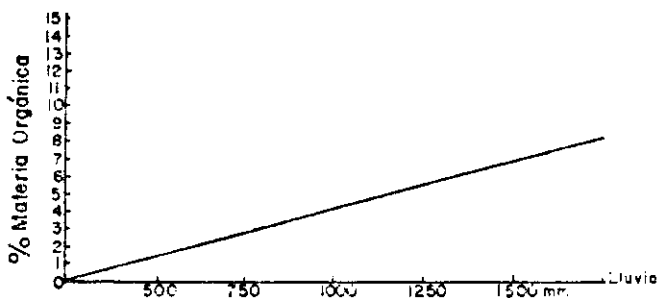
En áreas con épocas secas marcadas el contenido de materia orgánica del suelo es generalmente menor que en zonas permanentemente húmedas. Con las primeras lluvias, después de una época seca, ocurre una actividad biológica muy intensiva ("flush") (8) que explica porqué se encuentran acumulaciones del humus bruto con menos frecuencia en éstas regiones.

Las condiciones biológicas más desfavorables se observan en alturas altas permanentemente húmedas. Acumulaciones del humus, sin embargo, pueden ocurrir en las partes bajas como en las zonas superhúmedas de la Costa Pacífica o sobre suelos mal drenados de alta acidez como en la región Carare-Opon ("Capote").

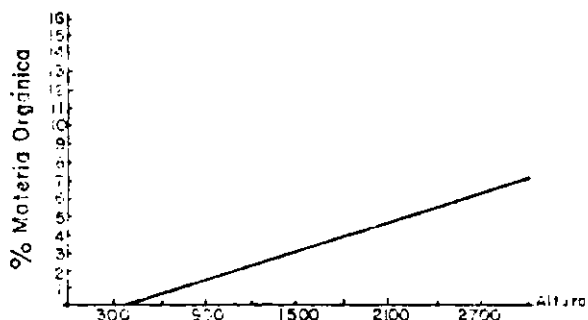
Las condiciones químicas del suelo mineral también influyen la actividad biológica en el humus. Aún casi todos los suelos de los trópicos húmedos son ácidos y lavados habiendo diferencias marcadas entre ellos. Ciertos minerales amorfos como el alófono de la ceniza volcánica pueden formar con la materia orgánica complejos que pueden provocar una alta acumulación del humus en el suelo (andosoles).

IV. MANEJO DE LOS SUELOS FORESTALES A TRAVÉS DE LA MANIPULACION DEL HUMUS.

Un suministro adecuado y continuo de nutrientes para las plantaciones depende del manejo del humus. La mineralización anual del humus debe corresponder aproximadamente a la cantidad de minerales que revierten el suelo a través de la caída de la hojarasca.

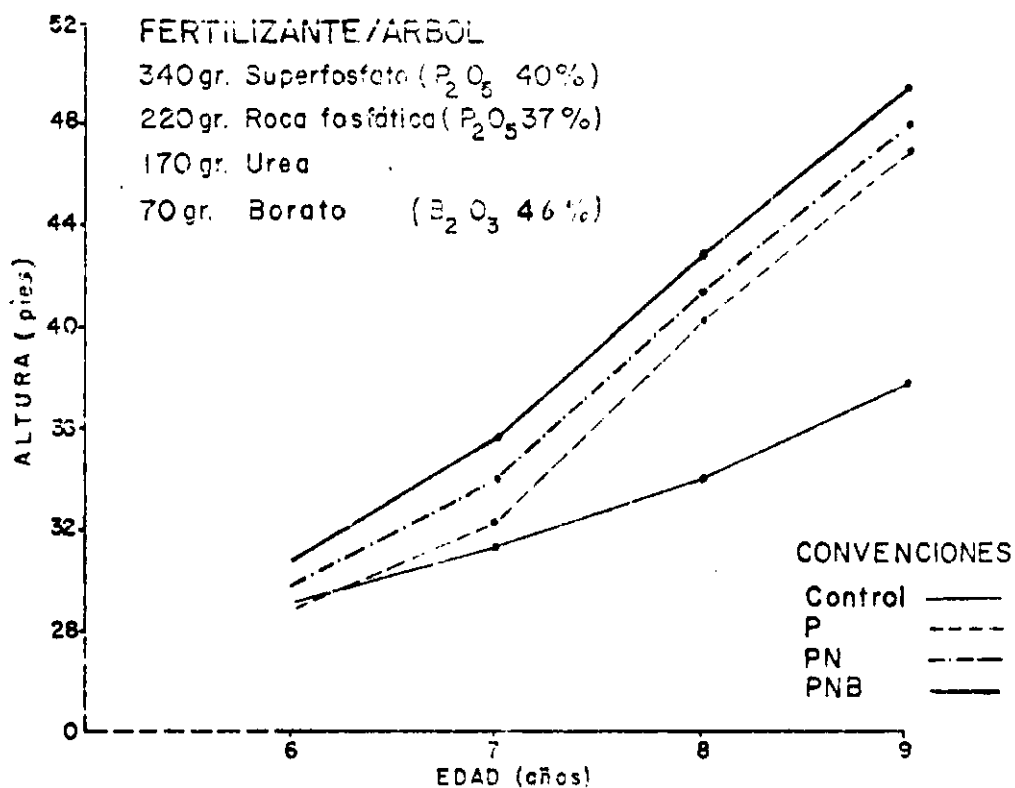


A - Relación entre el contenido de la materia orgánica en el suelo superior (0-30 cm) y la precipitación en África de Este.



B - Relaciones entre el contenido de la materia orgánica en el suelo superior (0-30 cm) y la altura en África de Este.

GRAFICO Nº 1



Incremento en altura de *Pinus caribaea* plantado en Kampong Gajah, Malaisia Occidental (Suelo "Durian"). Anteriormente savana.

GRAFICO Nº 2

En la zona fría el forestal debe estimular el proceso de mineralización, mientras que en la zona caliente debe prevenir que favorezcan una mineralización demasiado rápida y que conduzcan a pérdidas de humus por una mala práctica de aprovechamiento de madera. Una tala rasa en la zona baja puede causar una disminución seria de la fertilidad por coincidencia de ambos factores.

Ya mencionamos la alta acumulación de humus bruto bajo bosques naturales en las montañas tropicales. La baja actividad biológica y la alta acidez de ésta materia orgánica hacen pensar que condiciones aún menos favorables podrían desarrollarse bajo plantaciones de coníferas.

Es conocido que las hojas anchas descomponen generalmente más rápido que las agujas de las coníferas, debido entre otras a que tienen una relación C/N más estrecha, además de ser más ricas en bases. La descomposición de las agujas es tan lenta en las zonas templadas y frías que provocan la formación de capas superficiales semi-descompuestas "moder" y en casos extremos "humus bruto", ver apéndice).

En las zonas tropicales altas se debe esperar una situación similar, ya que en estos sitios las temperaturas durante todo el año se asemejan a los valores de las zonas nórdicas, durante la época de crecimiento.

La silvicultura de las plantaciones forestales tiene su ventaja en comparación con los bosques naturales, debido a que la actividad biológica del suelo se puede activar a través de los raleos y especialmente de la tala rasa. En cambio dentro del bosque natural las condiciones de temperatura e insolación casi no cambian por lo que las condiciones biológicas permanecen lejos del óptimo (11).

En Alemania la manipulación del estado biológico del humus bruto solo a través de medidas silviculturales a menudo no es exitoso porque las condiciones del suelo son muy desfavorables. En tales casos se necesita la aplicación de cal y/o fertilizantes. En el pasado se aplicó grandes cantidades de cal (1-3 ton/ha.) para bajar la alta acidez del humus (pH entre 3 y 4), pero resultados recientes han demostrado que esta forma de provocar la descomposición, conduce a una mineralización fuerte, pero de poca duración con pérdidas apreciables de nutrientes, especialmente de nitrógeno. Además no acelera la descomposición de las hojas caídas después del encalamiento (28).

La manipulación del estado de humus bruto a través de medidas silviculturales, se puede complementar aparentemente con menos costos y en una forma más efectiva a través de una fertilización con fósforo.

Un humus bajo en nitrógeno, es decir con una relación amplia de C/N, también es generalmente bajo en fósforo, es decir tiene una relación amplia de C/P org. Por lo tanto el valor C/N permite apreciar la relación entre carbón y fósforo en el humus, (Ver Gráf.6 y Tabla 3). La relación óptima de C/P org es 100 aproxm. pero a menudo es mayor de 700 bajo condiciones del humus desfavorables.

Fósforo es generalmente el elemento nutritivo más limitante para la actividad microbiológica en la descomposición del humus bruto (27). Esto se refiere también a muchos suelos alofánicos ricos en materia orgánica (19). La fertilización con fósforo resulta en una mineralización lenta pero sin pérdidas de nutrientes y simultáneamente en un mejoramiento continuo del estado biológico del suelo.

Con la aplicación de escoria Thomas (1500 Kg/Ha.) a rodales de coníferas semimaduras se ha obtenido rendimientos altamente satisfactorios (27).

En caso de humus bruto con bajo contenido de nitrógeno (C/N 32) se puede esperar buenos efectos a través de una fertilización con este elemento (150 Kg N/Ha.) en combinación de una aplicación con fósforo.

Ensayos de fertilización de suelos forestales ricos en humus son escasos en las partes altas de las cordilleras. Se puede citar entre ellos los trabajos con C. lusitánica en Piedras Blancas que son de interés general (26). Se trata de un suelo con un humus extremadamente desfavorable con valores bajo de pH que fluctúan entre 4.0 y 4.6 (en Ca Cl₂) y con una relación C/N de 32. Una relación tan alta solo se observa en capas orgánicas superficiales (humus bruto). La causa del porqué de estas condiciones desfavorables no se ha investigado aún, pero se sospecha que se debe a la formación de complejos organominerales, muy resistentes a la mineralización (30).

Debido a la inmovilización del nitrógeno, se acumularon 10 toneladas de este elemento. A pesar de esta cantidad inmensa los árboles reaccionaron fuertemente a una fertilización con nitrógeno. Sin una fertilización apreciable de nitrógeno, no se puede mejorar este tipo de humus ni el crecimiento de los árboles.

Afortunadamente las condiciones del humus en la capa superior son generalmente más favorables, con relaciones C/N rara vez superiores a 20.

V. ASPECTOS DEL MANEJO DE LOS SUELOS DE BAJURA

En la bajura húmeda tropical se pueden diferenciar, según la vegetación anterior, dos tipos principales de sitio referente a los problemas de la reforestación: bosques explotados y sabana.

5.1. Bosque Explotado:

Generalmente se establecen las plantaciones después de la quema para reducir los altos costos de la preparación del terreno. La quema del bosque primario significa siempre pérdidas de nutrientes, especialmente en áreas de pendiente. Sin embargo, la fertilidad es generalmente suficiente para el establecimiento de plantaciones. La utilización simultánea de cosechas agrícolas para reducir los costos de limpiezas pueden disminuir el crecimiento de los árboles sobre suelos pobres, si no se aplican fertilizantes (Surinam, 10).

Un uso agropecuario para una o dos cosechas ya puede disminuir la fertilidad del suelo severamente. Esta observación se hizo también en las plantaciones de Abarco en Carare. Varios años de pastoreo vuelven estos suelos casi inútiles para plantaciones comerciales.

Reforestaciones de pino y eucalypto fueron ejecutadas en varios países tropicales, inmediatamente después de la quema del bosque primario y también sobre suelos de sabanas. Los resultados obtenidos son contradictorios: Los pinos no siempre desarrollan bien después de la quema del bosque y son notorias grandes diferencias en el desarrollo dentro de la misma plantación. Un factor influyente es el grado de disturbios de los suelos a través del aprovechamiento y de la eliminación mecánica del bosque. En Sabah un aprovechamiento mediante el uso de tractores afectó hasta el 40% de la superficie (34). Aún más críticas pueden resultar las limpiezas totales del terreno por bulldozer como Surinam (10).

Waring cree que es más fácil establecer plantaciones sobre suelos de savanas que en sitios de bosques explotados, por que allí los suelos (aún los más pobres), son más homogéneos y definidos debido a su uso agropecuario y posiblemente por la erosión ocurrida en el pasado, aún así demuestran como es obvio, problemas de fertilidad. Las plantaciones se pueden establecer en estos sitios, especialmente en suelos con un mínimo de disturbios pudiendo responder a tratamientos en una manera relativamente uniforme (32).

Se ha encontrado serios problemas de nutrición en P. caribaea var. hondurensis creciendo en las bajuras tropicales húmedas de Malasya. Pasados los primeros 5 años de un crecimiento rápido ocurrió una muerte descendente en aproximadamente 20% de los árboles, que resultó a menudo en la muerte de las plantas (22).

Sin embargo no se puede excluir la incidencia de otros factores como una mala adaptación de la especie al clima, debido a una mala selección de la procedencia (14).

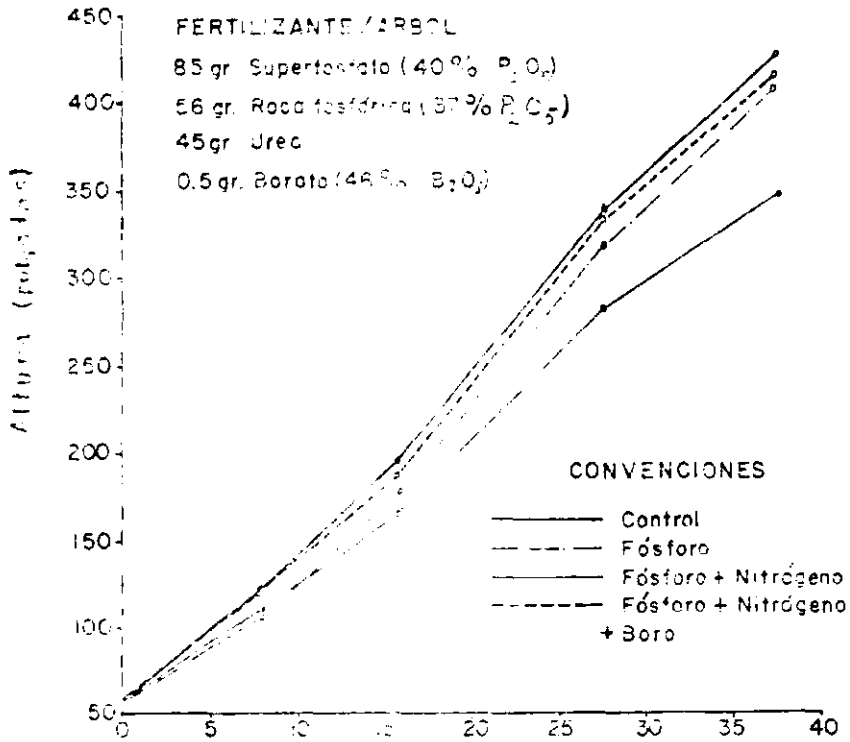
En los análisis foliares del Pinus caribaea plantados en diferentes sitios de Malasya se encontraron muy bajos niveles de nitrógeno, fósforo y boro. No hubo diferencias notables entre árboles sin y con síntomas de deficiencia, (como muerte descendente, yemas sin agujas, amarillamiento etc).

Es interesante mencionar que dos muestras de árboles con cola de zorro tuvieron un contenido relativamente alto de nitrógeno y fósforo (ver tabla.)

A pesar de las evidencias claras de una deficiencia en elementos nutritivos, el Pinus caribaea establecido sobre estos sitios respondió solo a una fertilización con fósforo y a la aplicación de nitrógeno solo respondió sobre sitios de savanas antiguas (ver graf. 2 y 3).

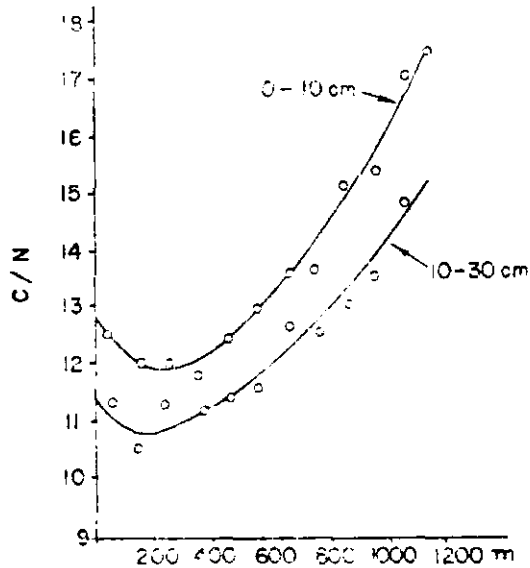
Las altas pérdidas de fertilidad debido al mal manejo de los suelos durante y después de su aprovechamiento son inaceptables en el futuro. Para prevenir una degradación del suelo Waring recomienda (32):

GRAFICO N° 3



Edad (meses) de la fecha de la primera aplicación del fertilizante
 Incremento en Altura de Pinus caribaea plantado en Rantau Panjang
 Malasia Occidental (Suelo Brunato) en un ambiente de bosque.

GRAFICO N° 4



Variación de la relación C/N de suelos forestales
 con altura en Indonesia

1. Una supervisión efectiva de la explotación con el fin de reducir al máximo los caminos de arrastre.
2. La eliminación del bosque residual a mano y una quema ligera que afecta tan solo las hojas y raicillas. Evitar las pendientes fuertes.
3. Poner en camellones la madera restante para que formen barreras contra el agua de escorrentía.
4. Siembra de arbustos, leguminosas u otras plantas auxiliares donde no aparece una regeneración natural y en particular donde el suelo superior es removido por erosión.
5. Mantener una faja de plantación de 1.2 m de ancho siempre limpio y control de la vegetación espontánea entre fajas. Aplicar una parte del material cortando como "mulch" a las fajas.
6. Aplicar fertilizante a los pinos un poco después de la plantación para asegurar un cerrado rápido dosel y una dominancia temprana del sitio.

5.2. Savana (La importancia de las limpiezas)

Las gramíneas son competidores fuertes por agua y nutrientes en plantaciones. A veces producen sustancias inhibidoras del crecimiento y suprimen la nitrificación. Bajo estas condiciones, los pinos plantados no pueden progresar y las fertilizaciones resultan inefectivas.

Waring da un ejemplo sobre la interacción que se observa generalmente entre el control de la maleza (aplicación de matamaleza) y fertilización en Pinus radiata en Australia (33). Las diferencias entre los tratamientos sobre el área basal de los árboles de 3 años de edad son altamente significativas.

1. Testigo (ningún tratamiento)	1.0 cm ² / árbol
2. Control de la maleza	4.1 cm ² / árbol
3. Fertilización	3.9 cm ² / árbol
4. Control de la maleza y fertilización.	29.4 cm ² / árbol

La importancia del control de malezas, especialmente en plantaciones fertilizadas, es válida también para otras condiciones ecológicas. No se puede evaluar un experimento de fertilización sin un control rígido de la maleza.

Waring (32) recomienda para el establecimiento de plantaciones de pinos en las savanas de Malasia Occidental los siguientes pasos:

1. Corta y quema de las gramíneas
2. Después de algún crecimiento de la maleza (es decir 3-4 semanas), rociar con matamaleza (Dalapon 17 kg/ Ha. en 250 -350 litros).
3. Después de un crecimiento moderado (es decir 6 semanas), rociar nuevamente con matamaleza (Dalapon 11 kg/Ha. en 250- 350 lts de agua).
4. Marcar fajas de plantación (con los contornos de nivel en pendientes).
5. Sembrar semilla de cultivos de cubierta con fertilizantes en una - faja central entre las fajas previstas para la plantación, Flemingia spp., Tephrosia spp., Crotalaria spp y Stylosanthes gracilis.
6. Plantación de árboles.
7. Continuación del control de las gramíneas entre las fajas (Dowpon S. or Shell / Esso petróleo).
8. Mantener una faja de 1.2 m. libre a través de aplicaciones de Gramoxone.
9. Aplicar nitrógeno, fósforo y boro en semicorona abierta cerca de los árboles, aproximadamente un mes de la plantación. Repetir dentro de 6 meses.

Este programa a primera vista parece como un tratamiento de lujo y económicamente no rentable.

Sin embargo, tal tratamiento debe incluirse en cualquier programa de investigación porque solamente así se puede evaluar la potencialidad de una especie para un sitio dado.

El cuidado de la plantación joven es aún más importante en los eucalyptos, como ya fué demostrado en varios países y recientemente en una finca de Cartón de Colombia.

VI. PLANTAS AUXILIARES

La importancia de las plantas auxiliares para mantener e incrementar la fertilidad del suelo en la bajura tropical, fué reconocida a través de investigaciones de la industria del caucho al Oeste de Malasya. Sin embargo los forestales de las zonas templadas conocen, desde hace mucho tiempo, el valor de las plantas auxiliares para la reforestación en suelos con poca o sin materia orgánica (como suelos erosionados o suelos arenosos de las dunas) y para el mejoramiento del humus bruto bajo plantaciones de coníferas. La contribución de éstas plantas al desarrollo de la plantación puede ser considerable, si las condiciones de los suelos son favorables y las plantas no sufren por la competencia de luz y agua. Las especies más conocidas son Lupinus y Alnus; en Europa las leguminosas son exigentes en pH y generalmente necesitan una fertilización de fósforo. Lupinus y Alnus también ocurren en los Andes, pero son poco estudiadas hasta la fecha.

Otra especie importante para zonas altas es la escoba (Spartium junicum), porque se adapta a suelos muy ácidos.

En Europa las plántulas auxiliares pueden enriquecer anualmente los suelos forestales y los suelos erosionados con aportes de nitrógeno en cantidades de 50 y 100 kgs respectivamente, lo que corresponde a uno o dos bultos de Urea. Debido a que los costos de los fertilizantes nitrogenados son cada año más altos, dan a la investigación de las especies auxiliares una importancia creciente.

Para cada zona climática se debe buscar especies que adapten bien a suelos ácidos y al mismo tiempo crezcan vigorosamente durante varios años con los árboles comerciales. Para intermezclar las plantas auxiliares se debe ampliar la distancia de siembra en una dirección - - (2X3.5 m). aunque esto signifique sacrificar un poco de volúmen de madera en las primeras entresacas.

En las bajuras tropicales hay una gran cantidad de leguminosas y especies de otras familias que fijan el nitrógeno atmosférico. Algunas son tolerantes a la acidez del suelo y pueden utilizarse en la zona húmeda, otras son tolerantes al clima seco. Ambos tipos son de gran importancia. Cabe destacar que las especies auxiliares que son tolerantes a la alta acidez y bajo contenido de nutrientes del suelo reaccionan favorablemente a la fertilización con escoria Thomas.

En la tabla 2, se anotan las leguminosas más conocidas en la bajura tropical y utilizadas por los agricultores. Algunas plantas perenes servirían también para entremezclar con árboles. Leguminosas de muy buenas características para plantas auxiliares son Stylosanthes guyanensis y Crotalaria spectabilis, pero hay muchas más especies en las bajuras de Colombia que merecen estudiarse.

Una leguminosa bien conocida es la Leucaena como planta auxiliar. En Asia fué mezclada con la Teca ya hace 100 años para el control de erosión. Su producción de nitrógeno es extraordinaria (hasta 900 Kg/Ha. año). Desafortunadamente es intolerante a la acidez del suelo lo que limita fuertemente su uso en la zona húmeda.

TAOLA 2

LISTA DE LAS ESPECIES LEGUMINOSAS MEJORADAS FRECUENTEMENTE UTILIZADAS EN LAS BAJURAS TROPICALES. SU ADAPTABILIDAD GENERAL A LAS CONDICIONES DE SUELO.

T = tolerante, S = susceptible, M = moderadamente tolerante

USTIC = con época seca marcada

UDIC = sin época seca marcada

NOMBRE CIENTIFICO	NOMBRE VULGAR	REGIMEN DE HUMEDAD PRE-FERIDO	TOLERANCIA A				
			Alto		bajo	P	K
			Al	Mn	Ca + Mg		
<i>Stylosanthes guyanensis</i>	Stylo	Ustic-udic	T	T	T	T	?
<i>Stylosanthes humilis</i>	Townsville lucerna Townsville stylo	Ustic-aridic	T	T	T	T	T
<i>Pueraria phaseoloides</i>	Kudzú, puero	Udic	T	T	T	T	?
<i>Centrosema pubescens</i>	Centro	Udic-ustic (aquic)	T	T	T	T	T
<i>Desmodium intortum</i>	Greenleaf desmodium pega-pega	Udic-ustic	T	M	T	S	M
<i>Desmodium uncinatum</i>	Silverleaf	Udic (cooler)	T	S	T	S	T
<i>Calopogonium mucronoides</i>	Colopo	Udic-ustic	T	T	T	T	?
<i>Macroptilium lathyroides</i>	Murray lathyroides	Ustic	T	M	T	S	T
<i>Lotononis bainesii</i>	Miles lotononis	Ustic (cooler)	T	T	T	T	S
<i>Phaseolus atropurpureus</i>	Siratro	Ustic (cooler)	T	S	?	T	T
<i>Leucaena leucocephala</i>	Ipil - Ipil, koa-haole, Leucaena	Ustic	S	S	?	?	?
<i>Glycine wightii</i>	Perennial soybean	Ustic	S	S	?	S	M

VII. EVALUACION DEL NITROGENO EN EL SUELO

Los métodos disponibles para determinar el contenido de nitrógeno asimilable (mineralizable) son demorados y por lo tanto poco utilizados en la práctica. Existen algunos indicadores indirectos como el contenido de la materia orgánica, la relación C/N, tipo de humus según su morfología, composición de la vegetación menor y el pH del suelo.

1. En zonas cálidas el contenido de nitrógeno asimilable corresponde aproximadamente al del nitrógeno total, debido a la mineralización rápida de la materia orgánica. Como carbón y nitrógeno tienen una relación poco variable en este clima, el contenido del carbón (o materia orgánica) indica el contenido de nitrógeno.
2. La relación C/N incrementa con la altura generalmente (Ver gráf.4), porque el nitrógeno no aumenta o en la misma proporción como el carbón.
Dentro de los mismos pisos térmicos el factor C/N del humus varía considerablemente indicando diferentes cantidades de nitrógeno mineralizable.
Sin embargo el valor C/N no es siempre un indicador confiable para la disponibilidad del nitrógeno debido a diferentes contenidos de lignina y de compuestos orgánicos solubles en agua (12).
3. Las propiedades morfológicas de la capa de humus indican el grado de su descomposición y también dan una idea aproximada de la disponibilidad de nitrógeno.

La definición de los principales tipos de humus se encuentran en el apéndice de éste escrito. Los datos químicos se ven en la tabla 3.

TABLA 3

	<u>C/N</u>	<u>C/P_{org.}</u>	<u>pH (KCl)</u>
MULL	10 - 14	100	> 4.5
MULL (capa delgada)	15 - 17	100 - 200	
MULL / MODER	18 - 22	200 - 300	
MODER	23 - 29	300 - 600	3.2 - 4.5
HUMUS BRUTO	29 - 35	600 - 1000	< 3.2

C/N Y C/P_{org.} EN LAS DIFERENTES FORMAS DE HUMUS

Bajo las plantaciones de coníferas se puede esperar generalmente "moder" o "humus bruto". "Mull" se forma en suelos con un buen contenido de bases bajo bosques de especies latifoliadas, aunque la diferencia entre las características químicas de mull y moder no es siempre marcada sobre suelos ácidos.

4. La vegetación menor a veces da indicaciones muy importantes sobre el estado de nitrógeno en el suelo.

La tala rasa de una plantación de coníferas provoca una mineralización rápida del humus y como consecuencia una liberación abundante del nitrógeno. Por el alto contenido del nitrógeno mineralizado, aparece una vegetación nitrófila de hierbas y arbustos. Estas plantas desaparecen ya después de pocos años cuando el moder o humus es completamente mineralizado.

Le sigue una vegetación poco exigente en nitrógeno, generalmente gramíneas.

5. Un pH bajo (≤ 5) reduce considerablemente la actividad biológica en el suelo y causa una descomposición incompleta de la materia orgánica, lo que resulta en una inmovilización del nitrógeno. También impide la nitrificación y la fijación simbiótica de muchas leguminosas. La dependencia del valor C/N del pH se ve en la gráfica 5 y la relación entre tipos del humus y pH en la tabla 3.

VIII. POSIBILIDADES DE ENRIQUECIMIENTO DE LOS SUELOS CON NITROGENO Y FOSFORO.

8.1. Nitrógeno

Un suministro adecuado de nitrógeno en el suelo podría asegurarse a través de varias medidas según la situación ecológica y el grado de la deficiencia.

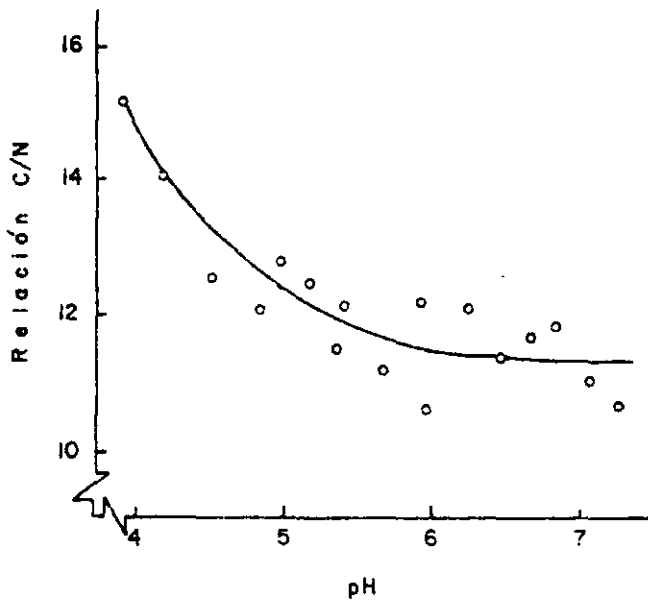
1. Tratamientos silviculturales
2. Selección de las especies
3. Cultivo simultáneo de plantas auxiliares
4. Fertilización.

1. Ya se discutió el efecto de entresacas y de la tala rasa a la mineralización de nitrógeno en el humus. Estas medidas tienen importancia en la zona alta donde se acumula una capa de humus bruto bajo rodales de coníferas.

Se debe mencionar en este contexto el papel importante que juega la vegetación menor en la acumulación con nitrógeno de la hojarasca, independiente de la zona climática. Así se mejora la nutrición de los árboles y se previene una pérdida de nitrógeno a través de la lixiviación.

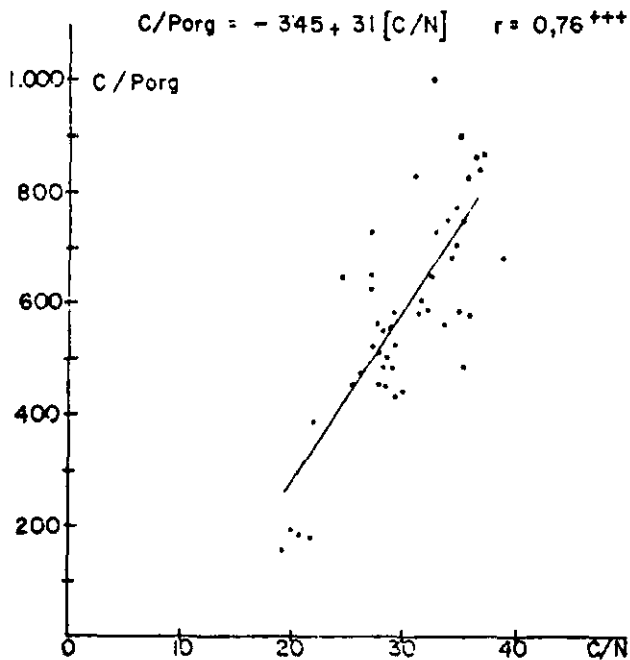
En la tabla 4 se observa la alta contribución de la vegetación menor en la acumulación de nitrógeno y fósforo. Lógicamente, ésta es especialmente alta en la etapa inicial de la plantación y es muy reducida en la etapa de matorral, aumentando nuevamente después del primer aclareo.

GRAFICO N° 5



Relación entre el pH y la relación C/N (Según Hardon)

GRAFICO N° 6



Relación entre C/N y C/Porg en el humus bruto de los suelos forestales en Alemania

TABLA 4

PRODUCCION ANUAL DE HOJARASCA BAJO UN RODAL DE PINO DURANTE DIFERENTES EDADES EN GRAN BRETAÑA.

(a: hojarasca de pino, b: hojarasca del sotobosque)

Edad	Materia seca, total		N		P	
	^a t/Ha.	^b	^a KG/ Ha.	^b	^a KG/Ha.	^b
1 - 7	0.1	10.0	0.4	97	0.1	6.7
8 - 11	1.1	10.5	12	103	1.0	7.8
12 - 14	3.9	6.6	61	63	4.0	6.3
15 - 17	6.9	1.9	63	17	6.8	3.7
18 - 20	5.4	0.3	66	4	6.8	0.3
21 - 23	16.0	0.2	134	4	15.0	0.3
24 - 31	6.6	0.7	79	8	6.3	1.3
32 - 35	7.9	1.6	77	20	8.1	2.2
36 - 55	5.5	2.3	94	32	7.0	3.0

Ovington (1959) : The circulation of minerals in plantations of *Pinus Sylvestris*.

L. Ann. Bot. 23, 229 - 39

(A= el dosel cierra, B= presumiblemente el primer entresaque)

Aún una maleza como el helecho (Pteridium aquilinum) puede enriquecer el suelo anualmente con 55 kg de nitrógeno en campo abierto (12).

Lógicamente la contribución de la vegetación menor depende de la densidad del rodal. Una reducción drástica significa pérdidas de incremento y, por lo tanto, es recomendable solo en situaciones especiales.

2. Las especies forestales que acumulan nitrógeno por fijación simbiótica pueden adoptar suelos pobres en este elemento. Desafortunadamente, hasta la fecha se conocen solamente pocas especies forestales de este tipo en la Silvicultura.

En la parte alta de Colombia se recomienda para sitios adecuados - Alnus jorullensis y Acacia mearnsii.

Hay varias leguminosas de rápido crecimiento que pueden recomendarse para la zona baja como Acrocarpus fraxinifolius, Albizia falcata, Enterolobium cyclocarpum, Schizolobium parahybium, pero con reserva porque no todas las especies de ésta familia acumulan nitrógeno por fijación simbiótica.

4. Urea es el fertilizante más usado en el mundo, incluido el campo forestal. Tiene una alta concentración (N=45 - 46% en Colombia) la cual economiza los costos de transporte. Puede mezclarse con otros fertilizantes y pesticidas. Dispersa fácilmente incluso desde el aire y como es soluble en agua puede aplicarse a las hojas en el vivero (0.5%).

Las pérdidas de nitrógeno a través de la lixiviación son menores que los fertilizantes nítricos y amoniacales, por lo tanto su efecto es más prolongado.

Urea puede provocar un efecto tóxico a las plántulas jóvenes especialmente cuando se aplica en forma localizada y cerca del sistema radicular. La muerte de las plántulas es provocada por el amoniaco libre que produce una reacción alcalina. Esta reacción puede reducirse con una mezcla con superfosfato.

Para evitar daños a las plántulas (se recomienda a veces demorar la aplicación 3 meses después de la plantación. Sin embargo, otros autores dan énfasis a la aplicación más temprana para un mayor efecto del fertilizante.

Pérdidas por volatilización de amonio ocurren en suelos de baja capacidad de intercambio, de altas temperaturas y de baja humedad. Se evitan estas pérdidas si se aplica Urea a suelos húmedos, preferentemente antes de las lluvias.

En el pasado se utilizó a menudo Sulfato de amonio (21% N) pero se recomienda su uso solo en suelos con un alto pH, como ocurren a veces en el vivero, debido a su efecto acidificante.

En Europa se aplican preferiblemente Nitrato de amonio cálcico (26%N). Su valor es poco estudiado en los trópicos, pero se cree que hay pérdidas considerables de los nitratos en climas muy húmedos debido a la lixiviación.

Los pinos no responden siempre a la fertilización con nitrógeno al tiempo de la plantación en contraste a las especies latifoliadas que tienen en general una demanda más alta de éste elemento.

Una dosis de 30g. de Urea, aplicada pocas semanas después de la plantación es generalmente suficientemente para pino.

En suelos erosionados o de bajo contenido de humus se debe repetir la aplicación una o varias veces según las condiciones del sitio.

Eucalypto necesita, en varios países subtropicales, 60 grms de Urea al tiempo de la plantación o pocas semanas después (23; 24, 2).

En Australia y Nueva Zelandia se prevee una segunda (2) aplicación después de 3 o 4 años (250 Kg/Ha. de urea aplicada desde el aire). en Africa del Sur, se cree que una sola aplicación en el principio tiene un efecto residual hasta el fin del turno de E. grandis (6-8 años) (23).

8.2. FOSFORO

8.2.1. Disponibilidad del fósforo

El contenido de fósforo en el suelo varía considerablemente según el material parental. Algunos suelos son muy bajos en fósforo porque perdieron una gran parte de él a través de erosiones desde hace miles de años.

En contraste al nitrógeno, las pérdidas de fósforo a través de la lixiviación son poco significativas tal vez con la excepción de las áreas muy lluviosas. Por la destrucción de los bosques andinos y su transformación en potreros, varios cientos de toneladas de materia orgánica fueron removidas y con ellas cientos de kilos de fósforo.

Por lo tanto, casi todos los suelos de la zona andina son bajos en fósforo.

El fósforo está fijado a la materia orgánica y al suelo mineral y solamente una fracción mínima se encuentra en la solución del suelo. En las capas ricas en materia orgánica la mayor parte del fósforo se encuentra en éste material. Con la mineralización del humus éste fósforo se vuelve soluble aún para un tiempo muy corto. El fósforo fijado a la materia orgánica es muy importante en el manejo de los suelos forestales, porque puede movilizarse más fácilmente que las fracciones de este elemento que están ligados a los minerales del suelo.

En los suelos del Amazonas se encontró 62% y 52% del fósforo total fijado a la materia orgánica de la capa superior e inferior, respectivamente (7). En los suelos de la ceniza volcánica de las partes altas de Nariño los valores correspondientes fueron aún más altos, 73% y 62% respectivamente, debido al contenido más alto de la materia orgánica (6). Por la misma razón el contenido de fósforo es más alto en los suelos de las partes altas que en las partes bajas (440 - 864 ppm y 118 - 335 ppm respectivamente). Sin embargo, la cantidad del fósforo disponible podría ser más alta en los suelos de la bajura debido a una mineralización más rápida de la materia orgánica.

En el suelo mineral ácido el fósforo está fijado fuertemente al aluminio y al hierro. (Ver tabla 5)

Se puede disminuir el grado de fijación a través de un encalamiento con el fin de subir el pH hasta 5.5. o 6.0. Esta práctica agronómica no es aconsejable en el campo forestal, generalmente.

TABLA 5

DISTRIBUCION DE LAS DIFERENTES FORMAS DE FOSFORO FIJADAS EN HORIZONTES BAJOS EN MATERIA ORGANICA (1 - 5) Y EN HORIZONTES RICOS EN MATERIA ORGANICA (6 y 7).

	P _{Al}	P _{Fe}	P _{Ca}	P _{occl}	P _{org}
	%	%	%	%	%
1. Rico en CaCO ₃	1	4	60	30	5
2. Bajo en CaCO ₃	3	13	24	46	14
3. PH cerca 5	30	17	0	43	10
4. PH cerca 4	7	20	0	47	26
5. PH cerca 4 (mal drenado)	4	23	0	60	13
6. Capa de humus					<60
7. Capa de humus	5				95

A parte de los altos costos del transporte del material, un contenido relativamente alto de calcio podría causar interacciones desfavorables con otros elementos nutritivos, una mineralización del humus demasiado rápida y una supresión de la micorriza. En los suelos muy ácidos, bajos en materia orgánica, una fertilización fuerte con fertilizantes solubles no es recomendable por la alta fijación de fósforo.

8.2.2. Los Fertilizantes de fósforo

Entre los fertilizantes de fósforo los forestales utilizan generalmente superfosfato (simple o triple), escoria Thomas, o rocas fosfáticas.

Los superfosfatos son solubles en agua (80-90%) mientras escoria Thomas es poco soluble (2%), pero los árboles son capaces de hacer soluble el fósforo aún lentamente en forma semejante a la acción del ácido cítrico. Por lo tanto se diferencia entre una solubilidad en agua y en ácido cítrico en la apreciación de los fertilizantes de fósforo.

Por su alta solubilidad no se recomienda superfosfato para una fertilización con duración larga; aún en la práctica no se han encontrado diferencias claras entre la eficiencia del superfosfato y la Escoria Thomas. Posiblemente los fosfatos de aluminio y hierro que se forman con la fertilización no son tan insolubles como los minerales de fosfato ya existentes en el suelo.

Escoria Thomas tiene un alto contenido de calcio ($\text{CaO} = 45\%$), que es ventajoso en suelos muy ácidos con un alto contenido de humus. El contenido de CaO en los superfosfatos es más bajo (simple 28%, triple 20%); además estos fertilizantes reaccionan ácido en el suelo a través de la formación de ácido sulfúrico.

El alto contenido de azufre del superfosfato simple (25 - 32%) podría resultar ventajoso en suelos de savanas frecuentemente quemadas donde éste elemento podría faltar.

El uso de fertilizantes fosforados con baja solubilidad está aumentando de modo que la producción nacional de escoria Thomas no puede satisfacer la demanda. En el campo forestal se puede utilizar rocas fosfáticas como fertilizantes de efecto prolongado. Hay varias minas de ésta roca en el país, pero la experiencia con estos materiales es todavía insuficiente (13).

La roca fosfórica más conocida en Colombia es de Turmequé, "fosforrīca", con un contenido de fósforo de 20% ($P_2 O_5$). Solo 1.1% de la roca es soluble en ácido cítrico, mientras la solubilidad correspondiente de escoria Thomas es 15%.

La Roca fosfórica ha dado buenos resultados en plantaciones de pino donde se puede observar su efecto en el segundo turno, 20 años después de la aplicación (tabla 6) .

TABLA 6

INFLUENCIA DE UNA FERTILIZACION CON ROCA FOSFORICA APLICADA AL TIEMPO DEL ESTABLECIMIENTO A LA ALTURA PROMEDIO DE PINUS ELLIOTTII A 5 AÑOS DE EDAD EN EL PRIMER Y SEGUNDO TURNO (20 AÑOS) EN N.S.W. AUSTRALIA SEGUN WARING (7).

	1. Turno	2. Turno
<u>Tratamiento</u> :	Altura (m)	Altura (m)
Testigo :	1.12	2.64
<u>Roca fosfórica</u>		
224 kg/Ha.	2.62	2.97
373 kg/Ha.	2.72	3.41

La roca fosfórica de baja solubilidad no se aplica como fertilizante en plantaciones recién establecidas por su acción demorada. Pero se puede mezclar con superfosfato o escoria Thomas para asegurar un efecto - inmediato y prolongado. Resultados similares se han obtenido con superfosfatos (33).

Para aumentar la solubilidad la roca fosfórica debe molerse hasta volvela un polvo fino. Desafortunadamente el manejo de este material en el campo es un poco difícil.

En el mercado se encuentra fosfato amónico (18 - 46 - 0). Este fertilizante parece bueno para árboles jóvenes en suelos donde faltan nitrógeno y fósforo. Es completamente soluble en agua y tiene una relación - favorable de N/P para la absorción de las plántulas.

El Abono orgánico, especialmente abono orgánico animal, es un buen fertilizante y tiene una importancia práctica para pequeños reforestados. Solamente donde hay una ganadería de establo la producción de abono orgánico puede alcanzar un nivel significativo.

Actualmente la mayor parte de abono orgánico animal viene de los gallineros. Como abono orgánico, el contenido de gallinaza en elementos nutritivos es relativamente alto (N = 17%, P = 8%, a una humedad de 25%) (20).

Para el mejoramiento de los suelos erosionados, es mejor utilizar el abono orgánico animal no directamente pero después de su transformación en compost a través de una mezcla con material vegetal.

El fósforo asimilable del suelo se determina generalmente por el método de Bray 1.1 (extragente 0.3 N HCl). Los resultados corresponden a menudo satisfactoriamente con el estado de suministro en el árbol. Se consideran suelos como muy deficientes si el contenido de fósforo es 12 ppm o menos (2).

En Australia y Africa del Sur se aplican 15 g de fósforo (P) con la plantación (como 170 g de superfosfato simple) de pino y eucalypto, a suelos con alta deficiencia en este elemento.

En suelos menos deficientes bastan 2/3 partes de esta cantidad. Hay evidencia acumulada que indica que aplicaciones de fósforo en puntos concentrados es efectivo solo para los primeros años, no importa como se aplique (3). Por lo tanto se recomienda categóricamente, que todas las plantaciones que recibieron una aplicación de fertilizantes al tiempo de su establecimiento se investiguen, a través de un análisis foliar, a una edad de 3 años para determinar si necesitan una segunda aplicación.

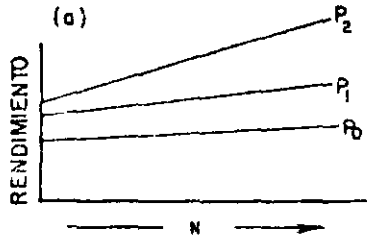
En Nueva Zelandia y Australia se aplican a menudo 200 kg/Ha. de superfosfato o 300 y más kg/Ha. de roca fosfórica (2, 33). Fertilizantes solubles (granulados) deben aplicarse en surcos alrededor de los árboles, mientras fertilizantes menos solubles como escoria Thomas deben mezclarse bien con un gran volumen del suelo. Escoria Thomas puede aplicarse al hueco pero algunas semanas antes de la siembra para evitar daños a las raíces. Se observó pérdidas de árboles si se aplica fertilizantes de fósforo en chuzos o coronas, porque las raíces se concentran alrededor del fertilizante por lo que el árbol sufre en épocas secas prolongadas por falta de humedad.

IX. INTERACCIONES ENTRE N Y P Y SU IMPORTANCIA PARA LA FERTILIZACION.

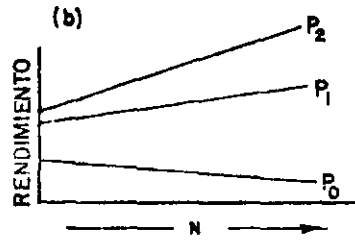
Se ha observado en muchas ocasiones que una fertilización sola con nitrógeno no aumenta el crecimiento de los árboles y por el contrario provoca su depresión. Solamente cuando se aplica también fósforo resulta un crecimiento superior al testigo.

Estas interacciones entre los dos elementos se pueden notar en la gráfica 7, que muestra las curvas de rendimiento después de fertilizaciones con fósforo y nitrógeno en un suelo con deficiencia moderada y en otro con deficiencia extrema de fósforo (5)

GRAFICO N° 7



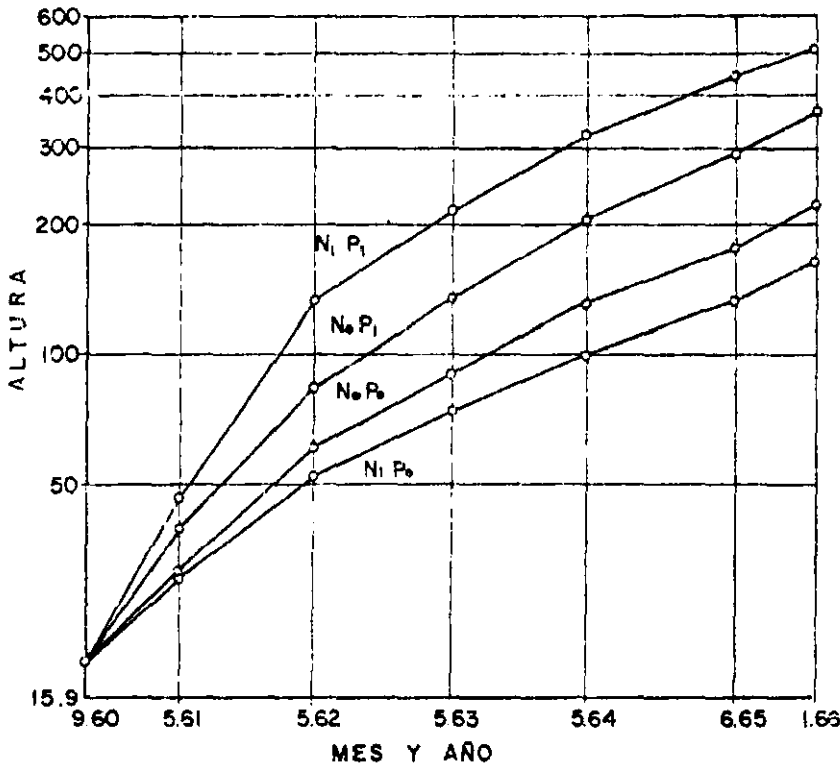
Deficiencia moderada de P



Deficiencia extrema de P

Rendimiento sobre un sitio con una deficiencia de P moderada y un sitio con una deficiencia extrema de P fertilizados con N y diferentes niveles de P.

GRAFICO N° 8



Incremento en altura de *Pinus radiata* de 6 años de edad en Australia despues de varias aplicaciones con fertilizantes de nitrógeno y/o fósforo.

La fertilización con nitrógeno solo, provocó una depresión marcada en el suelo altamente deficiente en fósforo (interacción negativa), mientras en el otro suelo el rendimiento aumentó insignificativamente, con la aplicación simultánea de fósforo, el rendimiento incrementó en forma lineal con el aumento de la fertilización de nitrógeno (interacción positiva).

Estas relaciones antagónicas también existen entre otros elementos nutritivos, pero la interacción entre nitrógeno y fósforo es de importancia especial en Colombia donde los suelos tienen un bajo contenido de fósforo asimilable.

La interacción negativa y positiva entre nitrógeno y fósforo puede bien demostrarse a través de un ensayo de fertilización de Pinus radiata en Australia (31).

La fertilización con nitrógeno solo ($N_1 P_0$) causó una depresión en la producción (menos que $N_0 P_0$) y en la absorción de ambos nutrientes a través de los árboles, mientras que la fertilización con fósforo solo ($N_0 P_1$) ya dió una producción y absorción más alta que en el control (ver gráfica 8 y tabla 7).

Para el efecto de la fertilización con ambos nutrientes es espectacular referente a la producción y a la absorción de los nutrientes.

TABLA 7

PRODUCCION DE MATERIA SECA, ABSORCION ANUAL Y CONTENIDO DE NITROGENO Y FOSFORO EN PINUS RADIATA A 3 AÑOS DE EDAD TRATADO CON FERTILIZANTES DE NITROGENO Y/O FOSFORO.

<u>TRATAMIENTO</u>			<u>MATERIA SECA</u>	<u>ABSORCION ANUAL (ARBOL TOTAL).</u>		<u>CONTENIDO</u>		<u>ELEMENTOS RECUPERADOS .</u>	
N ₀	P ₀	KG/HA	KG/HA	N	P	N	P	N	P
P ₁	KG/HA	KG/HA		KG/HA	%	%	%	%	
N ₀	P ₀		5.145	7.9	0.55	.609	.043	-	-
N ₁	P ₀		2.729	5.9	0.33	.862	.048	-	-
N ₀	P ₁		12.239	12.8	2.10	.419	.069	-	3
N ₁	P ₁		48.381	48.6	8.32	.406	.069	29	18

**BIBLIOTECA AGROPECUARIA
DE COLOMBIA**

La producción aumentó casi 10 veces, la absorción de nitrógeno 6 veces y de fósforo 15 veces, aproximadamente. Una parte de los elementos nutritivos aplicados se encuentra en los árboles (N=29% y P=18%). Sin embargo, el gran aumento de la producción provocó un efecto de dilución de nitrógeno como su contenido bajó de 0.609% a 0.406%.

La interacción entre nitrógeno y fósforo puede detectarse a través del análisis foliar. En el campo forestal el análisis foliar es una herramienta importante para diagnosticar el estado de la nutrición de los árboles.

Como la interpretación de los datos es bastante compleja, se necesitan en general varios años de investigación intensiva hasta que el análisis foliar se pueda utilizar con éxito como muestra diagnóstica.

En este contexto interesa el contenido de nitrógeno y fósforo en las hojas. Los datos de un elemento deben evaluarse siempre en el contexto con otros elementos de mayor importancia porque se influyen mutuamente.

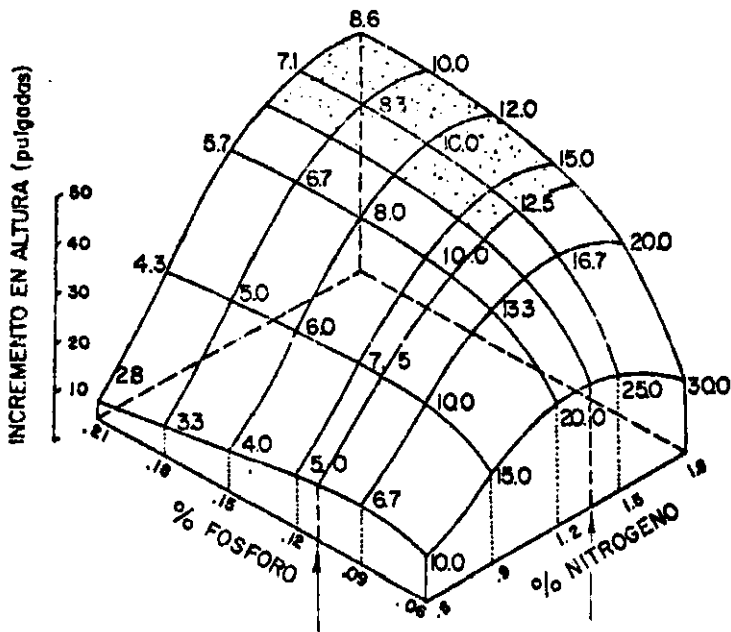
La interdependencia se ve en la tabla 8; según el contenido correspondiente de fósforo, el nivel crítico de nitrógeno puede variar entre 1.07 y 1.35. El nivel crítico de fósforo varía aún más (0.0.68 - 0.121), con las diferentes concentraciones de nitrógeno. Estas interacciones existen también entre fósforo y nitrógeno con otros elementos (5).

TABLA 8

EFFECTO DE LA CONCENTRACION DE P EN LAS HOJAS DE ARAUCARIA C. SOBRE EL NIVEL CRITICO DE N Y VICEVERSA.

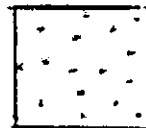
FOLIAGE P CONCENTRACION. (%)	CRITICAL LEVEL OF N (%)	FOLIAGE N CONCENTRACION. (%)	CRITICAL LEVEL OF P. (%)
0.060	1.07	0.60	0.068
0.075	1.13	0.75	0.073
0.090	1.18	0.90	0.078
0.105	1.21	1.05	0.083
0.120	1.24	1.20	0.089
0.135	1.27	1.35	0.095
0.150	1.29	1.50	0.102
0.165	1.31	1.65	0.110
0.180	1.33	1.80	0.121
0.195	1.34	-	-
0.210	1.35	-	-

GRAFICO N° 9



Relaciones N/P a varios puntos sobre la superficie de repuesta de N/P/incremento en altura.

RANGO OPTIMO N/P = 6 - 16



CONCLUSIONES

1. Referente a la fertilidad del suelo la falta de nitrógeno y/o fósforo es generalmente el factor más limitante en la silvicultura. Ambos elementos, nitrógeno y fósforo, se encuentran disponibles en la materia orgánica, el primero en su totalidad y el segundo en su mayor parte.

Un adecuado suministro de estos elementos a los árboles se puede lograr a través de un buen manejo del humus. Su objetivo es una mineralización gradual de la materia orgánica, que no conduzca a una disminución del humus en el suelo pero tampoco a una acumulación del humus insuficientemente descompuesto (humus bruto). El primer caso se presenta a menudo en las bajuras tropicales mientras que el segundo está restringido a las partes altas con temperaturas bajas.

2. Los suelos forestales utilizados en ganadería y cultivos agrícolas o expuestos a un aprovechamiento mecanizado sin técnica, han perdido su fertilidad natural y a menudo necesitan un mejoramiento a través de la fertilización con fósforo y nitrógeno y, en caso de erosiones recientes, una recuperación de la materia orgánica a través de abonos verdes.
3. Una fertilización al momento de la plantación es indispensable en suelos pobres para asegurar el prendimiento o crecimiento inicial. Sin embargo, las cantidades de fertilizantes aplicados son a menudo insuficientes para lograr un mejoramiento del suelo, por lo que una segunda y tercera aplicaciones de fertilizantes son necesarios para establecer un reciclaje adecuado de los elementos nutritivos entre el suelo y el árbol.

4. Existe una interacción entre nitrógeno y fósforo tanto en el suelo como en el árbol. En suelos donde faltan ambos elementos, una fertilización con solo nitrógeno o con bajas cantidades de fósforo, podría resultar inefectiva o aún contraproducente. Por lo tanto, una fertilización con nitrógeno debe ser acompañada por una aplicación de fósforo en estos suelos.
5. Una fertilización de árboles recién plantados debe acompañarse con un programa de limpiezas. Con un control rígido de la maleza a veces no es necesaria la fertilización.
6. La siembra de leguminosas u otros árboles y arbustos auxiliares al tiempo o poco antes de la plantación o bajo el dosel abierto de los árboles comerciales, aumenta la cantidad y calidad del humus.

Un aumento cuantitativo es especialmente importante en climas cálidos y un aumento cualitativo en climas fríos (ver punto 1).

En Colombia se necesitan estudios sobre el uso de las plantas auxiliares en la silvicultura.

BIBLIOGRAFIA

1. Anderson j. (1958) : Précis of studies of freshwater swamp forests of Sarawak and Brunei.
Study of tropical vegetation, Proceed.
Kandy Symposium UNESCO.
2. Ballard R. (1977) : Use of fertilizer at establishment of exotic forest plantations in New Zealand
N. Z. Journal of Forest Science Vol.7
3. Ballard R. (1977): Predicting fertilizer requirements of production - forests.
Use of Fertilizer in N.Z. Forestry
Symposium No. 19, F.R.I. N.Z. Forest Serv.
4. Beadle N. (1966): Soil phosphate as its role in molding segments of the Australian flora and vegetation, with special reference to xeromorphy and sclerophylly.
Ecology 47: 992 - 1007
5. Bengston , Holstener, Interaction of nitrogen and phosphorus:their effect on forest tree response to N-P fertilization and on the diagnostic value of foliar analyses.
Jorgensen (1976)
IUFRO Mtg. Oslo
6. Benavides de, G ;
(1977) Fraccionamiento de fósforo en suelos derivados de cenizas volcánicas del Departamento de Nariño.
Suelos Ecuatoriales Vol. 8/1, 247-260
7. " (1978): Fraccionamiento del fósforo en suelos de la Amazonía Colombiana y estimación del grado de meteorización.
Suelos Ecuatoriales Vol. 9/1, 20 - 30

8. Birch and Friend (1956) : The organic matter and nitrogen status of East African soils.
J. Soil Sci. 7, 156 - 67
9. Christen von, H (1964) : Some observations on the forest soils of South Africa.
For. in South Africa, Vol. 5 : 1 - 21
10. " " : Apuntes sobre observaciones durante viajes de estudios. Surinam; 1967 - 72 - 78.
Asia Sur Este; 1970 - 77.
11. " (1979) Aspectos edafológicos sobre el manejo de las plantaciones de coníferas en las Cordilleras Colombianas.
CONIF, manuscrito, no publicado, Bogotá.
12. Fiedler, Nebe, : Forstliche Pflanzenernährung und Düngung
Hoffmann (1973) G. Fischer Verlag, Stuttgart.
13. Gómez J.(1978): Algunos factores por considerar en la selección de la fuente de fósforo por su alto o bajo solubilidad en agua.
ICA/ ABOCOL, Bogotá.
14. Greaves A.(1980): Review of the Pinus caribaea and Pinus oocarpa International Provenance trials.
C.F.I. Occasional Papers No. 12, U. of Oxford
15. Grubb P. (1977): Control of forest growth and distribution on wet tropical mountains: with special reference to mineral nutrition.
Ann. Rev. Syst. 8:83-107
16. Hardon H. (1936): Factoren, die het organische stoffen het stikstofgehalte van tropische gronden beheersen.
K. Meded. Alg. Proefstation Candb.

17. Lim y Sundralingham: Some preliminary results of fertilizer application on the growth of a 6 year old stand of Pinus caribaea.
(1974)
Malays. Forester, 37/2, 120-26
18. López and Cox (1977): Cerrado vegetation in Brazil: a edaphic gradient.
Agronomy J., 69 Sept./Oct. 828 - 31
19. Munevar and Wallum: Effects of the addition of phosphorus and inorganic nitrogen on the carbon and nitrogen mineralization of some Andepts from Colombia.
(1976)
Soil Sci. Soc. Amer. Proc.
20. Prichett W. (1979): Properties and Management of Forest Soils
John. Wiley and Sons, New York
21. Sanchez P. (1976): Properties and Manegment of Soils in the Tropics.
John Wiley and Sons, New York
22. Slee and cow. (1976): Dieback and defoliation in Pinus caribaea in Lowland of Malaysia.
Malaysian Forester 39/1, 1- 12
23. Schoenau A. (1977): Initial responses to fertilizing E. grandis at planting are sustained until harvesting
S.A. Forestry Journal, 100: 72 - 80
24. Schutz C. (1976): Fertilization of fast growing pines and eucalypts in South Africa,
S.A. Forestry Journal, 98: 44 - 47
25. Sundralingham and: Responses of Pinus caribaea to fertilization on Bungor
Ang (1975) Soil of Rantau - Panjang. Forest Reserve.
Malays. Forester, 38/2: 135 - 39

26. Tschinkel H.(1972): Factores limitantes del crecimiento de plantaciones de *Cupressus lusitanica* en Antioquia.
Rev. Facult. Nac. de Agronomía, 27/2, 3-56
27. Ullrich B.(1974): Standörtliche Grundlagen einer Düngungsplanung im niedersächsischen Tiefland.
Der Forst - und Holzwirt, 29/4, 29-32
28. " (1972): Ein standörtliches Entscheidungsmodell für die Planung der Phosphatdüngung von Waldbeständen.
Die Phosphorsäure, 29/2-3, 220 - 36
29. " (1977): Stoffhaushalt von Waldökosystemen.
Arbeitsanleitung.
Institut für Bodenkunde und Waldernährung Göttingen, Alemania.
30. Vaile del J. (1976): La mineralización del nitrógeno en suelos de cenizas volcánicas de Colombia y su relación con el crecimiento de *C. lusitanica*
Turrialba, 26/1: 18 - 26
31. Waring H.D.(1969): The role of nitrogen in the maintenance of productivity in conifer plantations.
Comm. For. Rev. 48/226-37
32. " (1971): The nutritional status of pine plantations in Malaysia.
Techn. Report No. 1 MAL. 12 UNDP - FAO
Kuala Lumpur.
33. " (1979): Logging damage and the influence of climber cutting prior to logging in the lowland dipterocarp forest of Sabah.
Malayan Forester 31/4: 326 - 47

A N E X O

A. Horizontes generalmente distinguibles en la capa de humus.

- _L horizonte de hojarasca (litter); hojas y demás fragmentos vegetales exteriormente poco alterados.
- _f horizonte de fermentación; consiste en su mayoría de residuos vegetales en estado de descomposición, total vía con estructuras distinguibles.
- _H horizonte de sustancias húmicas; consiste en su mayoría de materia orgánica fuertemente descompuesta de color oscuro, generalmente sin residuos vegetales distinguibles.

No se presenta en una escala notable la mezcla o incorporación de materia orgánica con el suelo.

B. Definición de los tipos de humus más comunes observados en Colombia según la clasificación alemana (13):

I. Tipos Terrestres de Humus.

I. I. Descomposición rápida de la hojarasca y mezcla intensiva del humus y suelo mineral.

I. I. I. "MULL"

Humus que se forma decisivamente por la actividad zoogénica en especial por lombrices. La mayor parte consiste en sustancias húmicas mezcladas con el suelo mineral.

El A_h es bien oscuro, profundo y migajoso.

El horizonte O_L (hojarasca poca alterada) es delgada y está directamente sobre el horizonte A_h .

- 1.2. Descomposición retardada de la hojarasca y mezcla incompleta ó ausente del humus y suelo mineral.

1.2.2. " MODER "

Humus que se forma todavía por la actividad zoogénica pero de mezcla incompleta con el suelo y por la presencia insignificante de las lombrices o por las características desfavorables de la hojarasca.

La profundidad de los horizontes dentro del humus ($O_L - O_F - O_H$) es a menudo similar. Los límites entre estos horizontes y entre O_H y A_h son poco nítidos.

O_H todavía contiene residuos vegetales con estructuras de fácil reconocimiento. El horizonte no es tan ligado por hifas de hongos que se desintegran en pedazos por presión del contacto.

1.2.3. " HUMUS - BRUTO "

Humus en el que predomina la descomposición por hongos. Los horizontes O_F y O_H son fuertemente ligados por hifas de hongos de modo que se desintegran en pedazos angulares por presión de contacto. Límites nítidos entre: O_H y A_h .

A veces horizonte O_H delgado.

. / . .

El "Humus - bruto" puede dividirse en OH rico, y pobre en "Humus menudo".

2. Tipos Terrestres de Humus.

2.3.3. "MODER MOJADO" (Feuchtmoder)

Humus que se forma bajo la influencia de alta humedad y de alta acidez. La descomposición de la hojarasca es impedida.

El "Moder mojado" es mohoso, pringoso y en general pardo-rojizo, sin diferenciación marcada de los horizontes.

(Típico para los bosques naturales de la zona alta muy húmeda).

C. Definición del Término " Pod s o l i z a c i ó n " :

Dislocación hacia abajo de óxidos de hierro y aluminio dentro del perfil en suelos ácidos, frecuentemente asociada con formaciones vegetales específicas'.

NOTA : Perfiles típicos de "Podsol" (o spodosol) se observan escasamente en las cordilleras colombianas. Parecen restringidos a suelos derivados de arenisca gruesa (Viralin, Santander - del Sur). Más comunes son suelos podsólicos con drenaje imperfecto. Forman panes delgados de hierro (horizontes "plácidos"), especialmente entre capas de diferentes texturas.
