

## RELACIÓN ENTRE LA MORTALIDAD Y LOS SUELOS EN LAS PLANTACIONES DE PINO CARIBE DEL ORIENTE DE VENEZUELA.

Leonardo Lugo S.<sup>1</sup>, Argenis Mora C.<sup>2</sup>,  
Carmen Suárez<sup>1</sup>, Maria Montarulio<sup>1</sup>,

### RESUMEN

Con el objeto de relacionar la mortalidad de las plantaciones de *Pinus caribaea var hondurensis* de 10 y 12 años de edad, con los suelos en los Llanos Orientales de Venezuela, se seleccionaron 46 parcelas de 400 m<sup>2</sup> (20 m x 20 m c/u), con distribución aleatoria, en los sectores de plantación Coloradito, Uverito y Mesa de Los Hachos. El procesamiento de la información incluyó análisis de varianza, métodos de regresión múltiples y pruebas  $\chi^2$ . Aunque Los resultados evidencian que la mortalidad se presenta sobre una amplia variabilidad edáfica (Entisoles, Ultisoles y Oxisoles), la mayor frecuencia e intensidad se presentó sobre los suelos arenosos (más de 75% de arena), con baja proporción de arcilla y limo (menos de 15%), baja reserva de humedad y extremadamente pobres (Typic Ustipsamment).

**Palabras Claves:** *Pinus caribaea*, suelos, mortalidad del pino.

---

<sup>1</sup> Manejo Múltiple de Ecosistemas Forestales. Instituto para el Desarrollo Forestal (INDEFOR). Facultad de Ciencias Forestales y Ambientales, Universidad de Los Andes, Vía principal Chorros de Milla, Conjunto Forestal, Apdo. 5101. Mérida, Venezuela.

<sup>2</sup> Genética y Silvicultura Facultad de Ciencias Forestales y Ambientales, Universidad de Los Andes, Vía principal Chorros de Milla, Conjunto Forestal Apdo. 5101. Mérida, Venezuela.

**RELATIONSHIP BETWEEN THE MORTALITY AND THE SOILS,  
IN PLANTATIONS OF CARIBBEAN PINE IN THE EAST OF  
VENEZUELA.**

**Leonardo Lugo S.<sup>1</sup>, Argenis Mora C.<sup>2</sup>,  
Carmen Suárez<sup>1</sup>, María Montarulio<sup>1</sup>,**

**SUMMARY**

With the aim of relating the mortality of ten and twelve-year-old *Pinus caribaea var hondurensis* plantations to the soils, on the Eastern Plains in Venezuela, forty-six plots of land of 400 m<sup>2</sup> were selected (20 m x 20 m), with a random distribution in Uverito, Coloradito and Mesa de Los Hachos. The analysis of variance, multiple regression analysis and  $\chi^2$  test were used in order to obtain information from the data. The results obtained showed that the mortality appears in several soils (Entisoles, Ultisoles and Oxisoles), with a low moisture, a high proportion of sand (more of 75 %), a low proportion of clay plus silt (less of 15%) and very poor (Typic Ustipsamments).

**Key Words:** *Pinus caribaea*, soils, pine mortality..

## INTRODUCCION

El *Pinus caribaea* var. *hondurensis* es autóctono de la parte continental de América Central y de la Isla de Guanaja. El rango de distribución natural se manifiesta en masas continuas y fragmentadas, entre los 18° y 22° de latitud norte (Belice, Nicaragua, Guatemala y Honduras) variando en condiciones climáticas de acuerdo con la región donde se encuentra (Giménez, 1993; 1980; Birks & Barnes, 1990). Se caracteriza por presentar acículas en fascículos de tres, algunas ocasiones cuatro a cinco, tienen una longitud que varía de 15 a 25 cm; las semillas están provistas de alas fácilmente desprendibles y la longitud de los conos se encuentra entre 6 y 14 cm (Wood *et al.*, 1971).

Esta especie tiene un rango de distribución ecológica muy amplio. Se desarrolla desde las zonas costeras hasta condiciones de montaña con altitudes de 1000 msnm. En el primer caso, crece sobre suelos de origen aluvial, arenosos, ácidos y pobres en nutrientes; en el segundo, donde el desarrollo es mejor, los suelos tienen textura arcillo arenosa, profundos, con buen drenaje, originados a partir de la alteración de granitos (Belice). En Nicaragua, se encuentra en las tierras bajas de la costa atlántica llegando hasta la frontera con Honduras, sobre suelos con abundante arena cuarzosa, con drenaje que varía de moderado a excesivamente drenado y de baja fertilidad natural. En Guatemala, donde existen los mejores bosques de esta variedad, crece sobre relieves relativamente planos y en cerros que alcanzan 650 msnm, los suelos tienen una profundidad moderada (< 100 cm), arcillosos. Mientras que en Honduras, principal área de distribución natural de la especie, se ubica desde el nivel del mar hasta una altitud aproximada de 800 msnm, crece en suelos poco profundos e infértiles formados a partir de la alteración de rocas piroclásticas (Robbins & Hughes, 1983; Birks y Barnes, 1990).

En Venezuela, la especie se ha establecido mediante plantaciones y se localizan principalmente en los Llanos Orientales. Actualmente, cubren una superficie aproximada de 650.000 ha. Desde el inicio del programa, no se han realizado oportunamente planes de mantenimiento (podas, entresacas, limpias, etc.). Adicionalmente, el sistema ha dado muestras de inestabilidad, por el presencia del fenómeno de mortalidad (Dieback), que generalmente ocurre en bosquetes o parches y en las últimas décadas se ha presentado con mayor frecuencia, alcanzando en 1994 su máxima expresión, en diferentes procedencias genéticas, edades y densidades de plantación (CVG-PROFORCA, 1994).

El estudio de la muerte regresiva "dieback" ha sido tradicionalmente preocupación de patólogos y entomólogos forestales. Se supone que cuando

los árboles mueren en grandes cantidades en una plantación, se debe a una enfermedad. Sin embargo, la mortalidad en plantaciones no siempre es causada por agentes bióticos, por lo que es necesario estudiar detalladamente en las áreas afectadas los patrones temporales y espaciales, sus relaciones de hábitat, la vegetación y la flora asociada, así como, las respuestas sucesionales a los síntomas más inmediatos. Igualmente, se ha demostrado que el agotamiento y declinación de los bosques de coníferas correlacionan positivamente con la deficiencia de humedad de los suelos (asociado a la baja precipitación pluvial y sequías prolongadas), baja disponibilidad de nutrientes para la planta y contaminación del aire. Se conoce también, que cuanto más desfavorable sea el sitio para el árbol y menos adaptado esté a las condiciones locales más temprano aparecerán síntomas de estrés (Procter, 1967; Slee *et al.*, 1976; Müller-Dombois, 1986; Zech y Drechsel, 1992).

La hipótesis de eco-estrés integral (Führer, 1990) establece que los ecosistemas de plantaciones forestales se hacen cada vez más sensibles a tensores externos al elevarse la carga de estrés intrínseco, donde la resistencia del árbol depende de la relación entre sus requerimientos y las condiciones del sitio. Larcher (1995) introduce un elemento temporal con relación al estrés en las plantas, y señala lo que pudiera considerarse como un axioma; es decir, que si se produce una breve exposición a tensores y no se exceden los límites de tolerancia, se originan tan sólo cambios temporales en los procesos fisiológicos, mientras que la exposición prolongada produce disrupción permanente con daños irreversibles.

En el área de estudio, el fenómeno de mortalidad aparentemente coincide con eventos extremadamente secos, asociados a las oscilaciones climáticas del Sur (ENSO), denominado “El Niño”, el cual se manifestó mediante la disminución considerable de las precipitaciones, aumento de la temperatura y decrecimiento de la humedad relativa. Los datos climáticos expresan una disminución considerable de la precipitación, estos registros muestran dos (enero y febrero) y cuatro meses continuos (enero, febrero marzo y abril), con precipitaciones menores a 4 y 10 mm, respectivamente, tanto para el año 94 como para el año 98, coincidiendo con el fenómeno climatológico del Niño (Torres *et al.*, 2001).

Después de estos eventos, se ha observado en las plantaciones una sintomatología que precede a la mortalidad de la planta, entre la que destaca a nivel del vuelo, un secamiento progresivo desde el cogollo de las copas o ramas más jóvenes (ápice) hacia abajo (ramas adultas), un deterioro generalizado del árbol, con múltiples ramas amarillentas y caída de las mismas. En las raíces, existen lesiones con abundante producción de resina (generalmente las más

gruesas), así como secamiento desde la parte más joven y fina hacia la más gruesa y adulta (CVG-PROFORCA, 1994; Valera *et al.*, 1997; Lugo 2000; Suárez, 2000). Esta sintomatología ya ha sido reportada en plantaciones de coníferas afectadas por mortalidad en otras regiones del mundo (Slee *et al.*, 1976; Wingfield, 1980; Hodges, 1983; Malek & Appleby, 1984; Burdon *et al.*, 1994). Por otra parte, se ha asilado en los tejidos vegetales patógenos como *Lasiodiplodia theobromae* (Pat.) Griff. and Maubl (= *Botryodiplodia theobromae* Pat), a la vez, se indica que estos patógenos se encuentran ampliamente distribuidos en las plantaciones y pueden permanecer latentes hasta que el hospedero sufra estrés fisiológico severo (Agrizonis, 1990; Holmquist, 1990).

Las investigaciones realizadas también han generado información sobre la parte aérea, relacionada con su crecimiento, forma y volúmenes existentes por edades y densidades en diferente tipología de suelo (Tobar, 1976; Franco & Acosta 1985; Vincent 1978; Acosta 1983). Sin embargo, no se conoce suficientemente la relación entre la mortalidad y las variables edáficas. Por ello, el objetivo principal de este trabajo es relacionar el fenómeno de mortalidad con las características físicas y químicas de los suelos, en los sectores de plantación Uverito, Mesa de Los Hachos y Coloradito, Estados Anzoátegui y Monagas, Venezuela.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Área de Estudio

Geográficamente, el área de estudio se sitúa en las coordenadas 08° 20' a 09° 10' de Latitud Norte y 62° 30' a 63° 35' de Longitud Oeste (Figura 1). El clima, según THORNTWAITE, se presenta con un gradiente de precipitación que disminuye desde el norte hacia el sur, comenzando con un régimen subhúmedo megatérmico (CdAa') en Coloradito. La precipitación promedio anual de este sector es de 1136,6 mm (período 1974 – 1990) y 942,6 mm (período 1991 – 1998), con régimen unimodal y alternancia de un período lluvioso entre mayo y octubre. El período seco ocurre a partir de noviembre, prolongándose hasta el mes de abril. La temperatura anual promedio es 26,2 °C y la evapotranspiración potencial promedio es de 1594 mm, lo que significa un déficit acentuado de humedad durante el período octubre a mayo. Hacia el sur (Uverito) el clima es semiárido megatérmico (DdAa'), precipitación de 941,5 mm (período 1974-1990), y 875,5 (período 1991-1998). Esta precipitación se distribuye de forma similar al clima subhúmedo, la temperatura promedio es de 26,3 °C y la evapotranspiración potencial promedio anual es de

1620 mm (Olivares & Quintero, 1993). Según esta investigación, Mesa de Los Hachos se encuentra en el límite entre el sub húmedo megatérmico y el semi árido megatérmico.



Figura 1. Localización del área de estudio. Fuente: <http://www.a-venezuela.com/mapas/map>.

## MÉTODOS

Seleccionando solamente para las zonas de mayor afectación por mortalidad en el año 1996, en los sectores de plantación Uverito, Mesa de Los Hachos y Coloradito, sobre un mapa a escala 1:10.000, y mediante un muestreo aleatorio simple, se ubicaron 46 parcelas, cuya superficie fue de 400 m<sup>2</sup> cada una (20 m x 20 m), distribuidas de la manera siguiente: 36 parcelas en plantaciones de 10 años de edad y 10 parcelas en plantaciones de 14 años (sólo para el sector Coloradito). El vuelo fue evaluado para cada una de las parcelas a través del porcentaje de mortalidad, altura total de los árboles con precisión al decímetro, diámetro a la altura de pecho con precisión al milímetro y finalmente el área basal (m<sup>2</sup>/ha) como indicativo de la ocupación del sitio (Vincent, 1979).

Los suelos se caracterizaron de dos maneras: en primer lugar, mediante la descripción, muestreo y análisis de calicatas, ello permitió clasificarlos por el Soil Survey Staff (2003); y en segundo lugar, sobre la base de la caracterización anterior, y para comparar las propiedades físicas (granulometría) y químicas entre las parcelas de los diferentes sectores, se tomaron muestras a lo largo del perfil, escogiéndose las siguientes profundidades: entre 0 - 20 cm; 40 - 60 cm; 80 - 120 cm y 120 - 160 cm.

La analítica se realizó siguiendo los métodos establecidos en Pla (1983), Gee *et al.*, (1986) y el “Manual de Métodos de Referencia para el Análisis de Suelos para Diagnóstico de Fertilidad” (MAC – FONAIAP, 1990), para suelos tropicales, a saber: textura, método de Bouyoucos y con batería de tamices se separaron las distintas fracciones granulométricas: arcilla + limo, arena fina, arena media y arena gruesa, calculándose la proporción en peso para cada una de estas fracciones. También se determinó la reserva de humedad aprovechable, por diferencia a 300 Kp y 1500 Kp (método de la olla de presión); el pH en H<sub>2</sub>O (1:2); carbono orgánico, por combustión húmeda, método de Walkley y Black; nitrógeno total por el método Micro – Kjeldahl; fósforo soluble en bicarbonato sódico a pH constante (8,5) y determinación espectrofotométría del complejo de fósforo formado (color azul) entre el fósforo extraído y el reactivo añadido; acidez intercambiable; aluminio intercambiable: método de titulación de VAN RAIJ; capacidad de intercambio catiónico: acetato de amonio (1N pH 7); determinación de Na<sup>+</sup>, K<sup>+</sup>, Ca<sup>++</sup>, Mg<sup>++</sup> con espectrofotómetro de absorción atómica.

La información fue analizada mediante el paquete estadístico SAS (1994), utilizando la técnica de Análisis de Varianza univariante, para determinar diferencias significativas al 5% ( $\alpha = 0,05$ ) y prueba de comparación múltiple

(Tukey) en los atributos químicos de los suelos; prueba  $\chi^2$  (Steel y Torrie, 1988), para conocer si existe asociación entre el porcentaje de mortalidad y la clase textural (nivel de significancia del 10%); métodos de análisis de regresión múltiple para explicar la posible relación entre el porcentaje de retención de humedad y los atributos físicos (granulometría) de los suelos. Igualmente, se utilizó el paquete estadístico R versión 2.4.0. (2006) para determinar relaciones entre el porcentaje de mortalidad y la tipología de suelos. Debido a que los datos no mostraron una distribución normal para la variable mortalidad, se realizó la transformación de los valores a raíz cuadrada del porcentaje de mortalidad.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Evaluación de la Masa Forestal

Al comparar el fenómeno de mortalidad en los tres sectores de plantación (figura 2), se observa que el de mayor afectación fue Mesa de Los Hachos, establecida en el año 1986 con 70% de mortalidad, seguido de Uverito 1986 (44,4 %), Coloradito 1982 (36 %) y en menor proporción las plantaciones de Coloradito 1986 (12%). Hay que destacar que para el momento de la evaluación, la edad de las plantaciones era de 10 y 14 años respectivamente. Los valores de la desviación estándar mostrados en la misma figura para los dos primeros sectores ( $\pm 35,9$  en Uverito y  $\pm 36,7$  en Mesa de Los Hachos) reflejan la heterogeneidad del fenómeno entre las parcelas evaluadas, a diferencia de Coloradito que fue de  $\pm 11$  (Coloradito 82) y  $\pm 17,34$  (Coloradito 86), respectivamente.

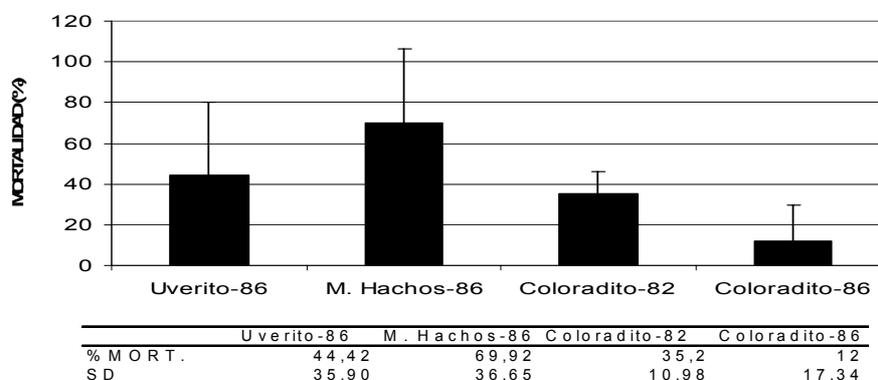


Figura 2. Porcentaje de mortalidad por sector de plantación

Como respuesta al resultado anterior, la plantación de 10 años, en Mesa de Los Hachos (Tabla 1), tiene la menor densidad (26 árboles/parcela) y menor desarrollo, expresado por una media en la variable altura (H) de 6,8 m, diámetro medio a la altura de pecho (DAP) de 14,8 cm, área basal (G) promedio de 3,49 m<sup>2</sup>/ha. El incremento medio anual (IMA) para estas variables fue de 0,68 en H, 1,48 cm en DAP y 0,35 m<sup>2</sup>/ha en G, respectivamente. El mayor crecimiento del vuelo forestal se observó en el sector Coloradito; por lo tanto, existe mayor ocupación y mejor calidad de sitio (Tabla 1). En Uverito se presenta una condición intermedia. Obsérvese como los valores del coeficiente de variación (CV) para Coloradito en general tiende a ser de medio a bajo (menor a 29%), demostrando cierta homogeneidad entre los atributos evaluados, a diferencia de los otros sectores que fue mayor al 30%. Este resultado sugiere una variabilidad alta en el crecimiento de la masa forestal en el área de estudio.

Sin embargo, para cualquiera de los casos los resultados obtenidos no son muy alentadores, ya que estos valores se encuentran por debajo del experimentado por la misma especie en otras regiones del mundo tropical, como por ejemplo: Puerto Rico, Bangladesh, Honduras, El Congo, Zambia y Fiji (tabla 2).

Tabla 1. **CARACTERÍSTICAS DE LA MASA FORESTAL EN PLANTACIONES DE PINO CARIBE, EN LOS DIFERENTES SECTORES DE PLANTACIÓN.**

Variables	M. HACHOS 1986 (10 AÑOS N= 12)		UVERITO 1986 (10 AÑOS N= 12)		COLORADITO 1986 (10 AÑOS N= 12)		COLORADITO 1982 (14 AÑOS N= 10)	
	X	CV (%)	X	CV (%)	X	CV (%)	X	CV (%)
Densidad	26	42.99	39	40.76	38	28.78	52	8,83
H (m)	6.8	47.95	8.6	31.7	10.6	7.29	15,5	6,20
IMA (m)	0,68		0,86		1,1		1,1	
DAP (cm.)	14.8	48.37	16.3	32.47	18.4	7.89	19.3	5,24
IMA (cm.)	1,48		1,63		1,84		1,38	
ÁB (m <sup>2</sup> /ha)	3.49	89.11	10.70	95.05	22.0	22.05	26.04	13,67
IMA (m <sup>2</sup> /ha)	0,35		1,07		2,2		6,6	

Densidad: densidad actual de la plantación (N° de árboles/parcela); H: altura total; DAP: diámetro a la altura de pecho; AB: área basal; IMA: incremento medio anual.

Tabla 2. REGISTROS DE CRECIMIENTO EN ALTURA Y DIÁMETRO DEL *PINUS CARIBAEA* VAR. *HONDURENSIS*

REFERENCIA	LUGAR	EDAD (AÑO)	ALTURA (m)	DAP (cm)
Das (1982)	Orissa (India)	16	14,8	19,5
Gibson <i>et al.</i> , (1983)	El Congo	8	13	15
Gibson <i>et al.</i> , (1983)	Puerto Rico	8	12	13
Gibson <i>et al.</i> , (1983)	Brasil	6	12	16
Gibson <i>et al.</i> , (1983)	Zambia	6	12,8	19,2
Gibson <i>et al.</i> , (1983)	Fiji	6	13	18
Liegel (1985)	Puerto Rico	12	19,4	25,8
Osman <i>et al.</i> (1997)	Bangladesh	5	10,9	16,2

## Suelos

En general, los suelos tienen una extrema pobreza química, lo que les confiere una fertilidad natural muy baja, como lo reportan los resultados analíticos mostrados en la tabla 3. Esta baja fertilidad se expresa mediante un bajo contenido de materia orgánica, los valores para esta variable oscilan entre 0,02 – 0,55%, igualmente, existe bajo contenido de nitrógeno (0,02 - 0,05 %), fósforo (menos de 3 ppm); muy baja capacidad de intercambio catiónico (menor 4,5 cmol (+)/Kg de suelo), de reacción extremadamente ácida (pH= 4 – 4,8), déficit de cationes básicos ( $Ca^{+2}= 0,01 - 2,34$ ;  $Mg^{+2}= 0,01 - 0,28$  y  $K^{+}= 0,01 - 0,12$  cmol<sup>+</sup>/kg de suelo). Por ello, se observa una baja saturación de bases cambiables (menor de 50%), con un aumento concomitante de cationes ácidos ( $Al^{+3}= 0,32 - 4$  cmol<sup>+</sup>/kg de suelo). En consecuencia, existe media a alta saturación por aluminio en el complejo de intercambio catiónico (24,5 - 81,4 %) y baja relación  $Ca^{+2}/Al^{+3}$  (entre 0,03 y 1,05). Valores menores a 1 en esta relación suponen en bosques de coníferas y en las plantas en general, un efecto negativo para el desarrollo de las raíces finas (Polle *et al.* 1978; Adams *et al.*, 1983; Binkley, 1991; Anderson *et al.*, 1998 y Heim *et al.*, 2003).

Los resultados anteriores expresan un avanzado estado de la pedogénesis, característico del trópico húmedo. Es decir que en la región los suelos son parte de un sistema evolucionado y geoquímicamente empobrecido. Ello se debe, principalmente, a que el perfil edáfico se ha desarrollado a partir de la alteración de sedimentos antiguos de la Formación Mesa (plioceno – pleistoceno; Zinck & Urriola 1970). Estos resultados coinciden con los reportados para el área de estudio por López & Pomenta, (1983); Marquez *et al.*, (1994); Escobar *et al.*, (1995). En consecuencia, la baja fertilidad constituye un factor de estrés nutricional para el desarrollo óptimo de las plantaciones de pino.

En la misma tabla se presenta el análisis de la varianza (letras distintas en columnas; diferencias significativas  $\alpha= 0,05$ ) y comparación de medias (Tukey) de los atributos que expresan la fertilidad química de los suelos para cada profundidad entre los sectores de plantación. Nótese como la fertilidad tiende a ser similar, a excepción de los valores de la capacidad de intercambio catiónico (0 a 20 cm.), que es superior en Uverito. El contenido de calcio, entre las profundidades de 0 a 20 y de 40 a 60 cm, el magnesio y porcentaje de saturación de bases para las profundidades de 0 – 20; 40 – 60 y 80 – 120 cm respectivamente (mayor en Mesa de Los Hachos), con una ligera tendencia a aumentar con la profundidad. Igualmente, se observan diferencias estadísticamente significativas para la relación  $Ca^{+2}/Al^{+3}$  (0 – 20 cm), los valores más bajos en esta relación y por tanto, más saturación por aluminio se observan en las plantaciones de Coloradito, donde se presentó la menor mortalidad. En general, estos resultados sugieren que existe un nivel de fertilidad ligeramente superior en el sector Mesa de Los Hachos.

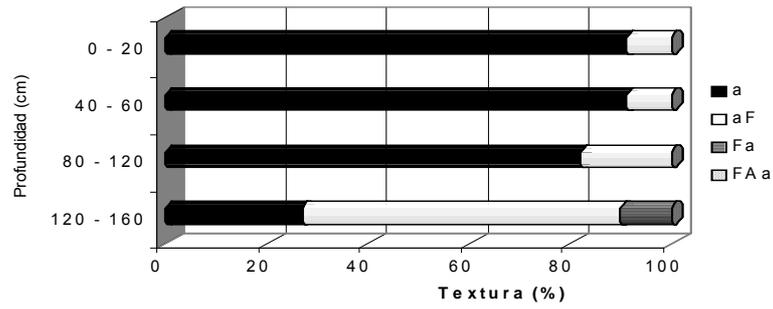
Tabla 3. Análisis de varianza univariante para los atributos químicos de los suelos en los sectores de plantación

Sector	pH (H <sub>2</sub> O; 1:2)	MOS (%)	N Total (%)	P (ppm)	CICE (cmol <sup>+</sup> /Kg suelo)	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup> (cmol <sup>+</sup> /Kg suelo)	K <sup>+</sup>	Al <sup>3+</sup>	Ca <sup>2+</sup> /Al <sup>3+</sup>	Sat Al (%)	Sat. Bases (%)
0-20 (n=46)												
Uverito	4,3 <sup>a</sup>	0,47 <sup>a</sup>	0,03 <sup>a</sup>	2,93 <sup>a</sup>	1,75 <sup>a</sup>	0,22 <sup>b</sup>	0,106 <sup>b</sup>	0,03 <sup>a</sup>	0,48 <sup>a</sup>	0,17 <sup>b</sup>	37,55 <sup>a</sup>	31,04 <sup>b</sup>
S.D.	± 0,154	± 0,45	± 0,017	± 0,7	± 0,39	± 0,08	± 0,03	± 0,02	± 0,20	± 0,03	± 10,79	± 3,3
M. Hachos	4,4 <sup>a</sup>	0,37 <sup>a</sup>	0,035 <sup>a</sup>	2,71 <sup>a</sup>	1,06 <sup>a,b</sup>	0,21 <sup>a,b</sup>	0,113 <sup>b</sup>	0,03 <sup>a</sup>	0,48 <sup>a</sup>	0,19 <sup>a,b</sup>	41,63 <sup>a</sup>	32,49 <sup>b</sup>
S.D.	± 0,172	± 0,37	± 0,15	± 1,51	± 0,14	± 0,03	± 0,04	± 0,013	± 0,07	± 0,047	± 4,55	± 8,72
Coloradito	4,2 <sup>a</sup>	0,35 <sup>a</sup>	0,26 <sup>a</sup>	4,1 <sup>a</sup>	1,09 <sup>b</sup>	0,14 <sup>a</sup>	0,05 <sup>a</sup>	0,01 <sup>a</sup>	0,533 <sup>a</sup>	0,12 <sup>a</sup>	47,16 <sup>a</sup>	18,95 <sup>a</sup>
S.D.	± 0,190	± 0,24	± 0,10	± 1,89	± 0,14	± 0,06	± 0,03	± 0,001	± 0,14	± 0,05	± 10,47	± 7,20
40-60 (n=46)												
Uverito	4,45 <sup>a</sup>	0,1 <sup>a</sup>	0,04 <sup>a</sup>	0,83 <sup>a</sup>	1,37 <sup>a</sup>	0,20 <sup>b</sup>	0,07 <sup>a,b</sup>	0,026 <sup>a</sup>	0,60 <sup>a</sup>	0,33 <sup>a</sup>	49,41 <sup>a</sup>	25,45 <sup>a,b</sup>
S.D.	± 0,28	± 0,08	± 0,01	± 0,71	± 0,32	± 0,13	± 0,04	± 0,011	± 0,001	± 0,23	± 10,14	± 11,88
M. Hachos	4,51 <sup>b</sup>	0,19 <sup>a</sup>	0,03 <sup>a</sup>	1,27 <sup>a</sup>	1,33 <sup>a</sup>	0,27 <sup>b</sup>	0,14 <sup>a,b</sup>	0,028 <sup>a</sup>	0,61 <sup>a</sup>	0,47 <sup>a</sup>	42,96 <sup>a</sup>	33,25 <sup>a,b</sup>
S.D.	± 0,13	± 0,085	± 0,01	± 1,15	± 0,36	± 0,53	± 0,04	± 0,011	± 0,20	± 0,18	± 12,81	± 0,74
Coloradito	4,42 <sup>a</sup>	0,21 <sup>a</sup>	0,03 <sup>a</sup>	0,7 <sup>a</sup>	1,27 <sup>a</sup>	0,06 <sup>a</sup>	0,05 <sup>a</sup>	0,015 <sup>a</sup>	0,94 <sup>a</sup>	0,08 <sup>a</sup>	67,24 <sup>a</sup>	13,97 <sup>a</sup>
S.D.	± 0,209	± 0,12	± 0,01	± 0,75	± 0,55	± 0,07	± 0,07	± 0,009	± 1,0	± 1,01	± 10,54	± 9,14
80 - 120 (n= 46)												
Uverito	4,52 <sup>a</sup>	0,13 <sup>a</sup>	0,04 <sup>a</sup>	0,55 <sup>a</sup>	1,6 <sup>a</sup>	0,8 <sup>a</sup>	0,150 <sup>b</sup>	0,04 <sup>a</sup>	0,55 <sup>a</sup>	0,8 <sup>a</sup>	41,9 <sup>a</sup>	36,7 <sup>b,a</sup>
S.D.	± 0,17	± 0,04	± 0,01	± 0,64	± 0,4	± 1,05	± 0,06	± 0,02	± 0,34	± 1,05	± 23,4	± 12,7
M. Hachos	4,7 <sup>b</sup>	0,17 <sup>a</sup>	0,036 <sup>a</sup>	0,45 <sup>a</sup>	1,08 <sup>a</sup>	0,76 <sup>a</sup>	0,156 <sup>b</sup>	0,04 <sup>a</sup>	0,5 <sup>a</sup>	0,76 <sup>a</sup>	41,07 <sup>a</sup>	47,34 <sup>b</sup>
S.D.	± 0,14	± 0,08	± 0,012	± 0,61	± 0,18	± 0,49	± 0,02	± 0,03	± 0,24	± 0,49	± 18,4	± 9,45
Coloradito	4,5 <sup>a</sup>	0,15 <sup>a</sup>	0,031 <sup>a</sup>	0,38 <sup>a</sup>	0,94 <sup>a</sup>	0,34 <sup>a</sup>	0,057 <sup>a</sup>	0,03 <sup>a</sup>	0,58 <sup>a</sup>	0,34 <sup>a</sup>	55,61 <sup>a</sup>	20,6 <sup>a</sup>
S.D.	± 0,08	± 0,09	± 0,011	± 0,58	± 0,43	± 0,69	± 0,07	± 0,02	± 0,18	± 0,68	± 15,3	± 15,9
120 -160 (n= 46)												
Uverito	4,5 <sup>a</sup>	0,13 <sup>a</sup>	0,02 <sup>a</sup>	0,00 <sup>a</sup>	2,06 <sup>a</sup>	0,59 <sup>a</sup>	0,21 <sup>a</sup>	0,03 <sup>a,b</sup>	0,83 <sup>a</sup>	0,74 <sup>a</sup>	51,77 <sup>a</sup>	37,48 <sup>a</sup>
S.D.	± 0,25	± 0,13	± 0,01	± 0,00	± 1,30	± 0,87	± 0,14	± 0,017	± 0,08	± 1,09	± 19,69	± 21,35
M. Hachos	4,8 <sup>a</sup>	0,09 <sup>a</sup>	0,02 <sup>a</sup>	0,00 <sup>a</sup>	1,35 <sup>a</sup>	0,27 <sup>a</sup>	0,20 <sup>a</sup>	0,05 <sup>a</sup>	0,66 <sup>a</sup>	0,51 <sup>a</sup>	42,64 <sup>a</sup>	40,39 <sup>a</sup>
S.D.	± 0,14	± 0,09	± 0,01	± 0,00	± 0,31	± 0,04	± 0,10	± 0,038	± 0,30	± 0,27	± 16,33	± 11,25
Coloradito	4,6 <sup>a</sup>	0,11 <sup>a</sup>	0,03 <sup>a</sup>	0,00 <sup>a</sup>	1,14 <sup>a</sup>	0,28 <sup>a</sup>	0,10 <sup>a</sup>	0,17 <sup>a</sup>	0,58 <sup>a</sup>	0,61 <sup>a</sup>	49,28 <sup>a</sup>	30,76 <sup>a</sup>
S.D.	± 0,17	± 0,11	± 0,01	± 0,00	± 0,37	± 0,31	± 0,08	± 0,011	± 0,19	± 0,81	± 17,54	± 17,15

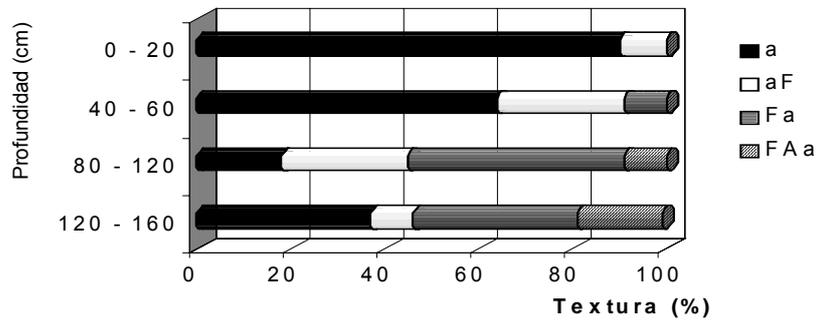
Letras diferentes en columnas diferencias estadísticamente significativas ( $\alpha=0,05$ ), con prueba de comparación de media Tukey; MOS: materia orgánica suelo mineral; P: fósforo asimilable; CICE: capacidad intercambio catiónico efectiva; Sat. Al<sup>3+</sup>= saturación por aluminio.

### **Caracterización física (clase textural y contenido de humedad)**

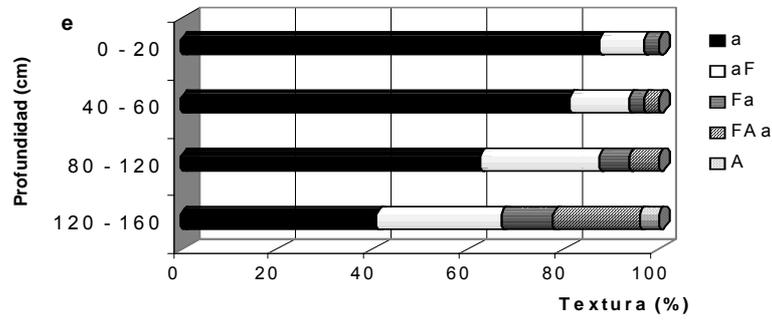
Al analizar la distribución porcentual de la clase textural para cada una de los estratos en las distintas calicatas (figura 3), se aprecia que el 85% de los perfiles evaluados en Mesa de Los Hachos tienen textura gruesa (arenosa y arenosa francosa) en toda su longitud; la clase franco arenosa con 10%, solamente aparece por debajo de 120 cm. (figura 3a). En Uverito, esta proporción se mantiene hasta los 60 cm, y a partir de 80 cm, el incremento de arcilla más limo con la profundidad originan texturas medias a finas, es decir franco arenosa y franco arcillo arenosa; que en conjunto se encuentran en más del 50% de los perfiles estudiados (figura 3b). En Coloradito (figura 3c), las texturas gruesas dominan los primeros 20 cm y después de 40 cm la distribución del gradiente textural cambia significativamente, es decir, aparecen las clases franco arenosa, franco arcillo arenosa; y aunque en muy baja proporción, después de 120 cm se observa la clase arcillosa (ausente para los otros sectores). Esta variación en el gradiente granulométrico con la profundidad se debe, principalmente, al incremento en el contenido de arcilla, atribuido a la presencia de horizontes argílicos, como consecuencia de procesos pedogenéticos de iluviación de arcilla, específicamente, en los suelos clasificados como Arenic Kandistults, Acrustoxic Kandistults y Arenic Kanhaplustults. Proceso que ha sido descrito por Fassbender (1979a, 1979b), Escobar (1992) Marquez *et al.*, (1994); Escobar *et al.*, (1995); Lugo (2000) en el área de estudio.



Mesa de Los Hachos (3a).



Uverito (3b)



Coloradito (3c)

Figura 3. Distribución Porcentual de las Clases Textural para todos los Perfiles en los Sectores de Plantación (a: arenoso; aF: arenoso franco; Fa: franco arenoso; FAa: franco arcillo arenoso; A: arcilloso)

Por otra parte, el análisis de regresión lineal múltiple entre el porcentaje de reserva de humedad y la granulometría de los suelos (tabla 4), reportó un coeficiente de determinación bueno ( $r^2 = 0,7674$ ), es decir que el 76,7% de los valores de retención de humedad son explicados por la fracción de tierra fina, principalmente, por los porcentajes de arena (fina, media y gruesa), con asociación lineal negativa y fue altamente significativa ( $\alpha = 0,05$ ), mientras que la fracción arcilla más limo con asociación lineal positiva resultó no significativa, confirmando que a mayor contenido de arena en el perfil menor es la capacidad de almacenamiento de humedad. Las investigaciones realizadas por Oyonarte *et al.* (1998); Bruand *et al.* (2000), coinciden con esta afirmación.

Esto significa, en general, que en el área de estudio los suelos con mayor potencial de reserva de humedad se localizan en el sector Coloradito (predominio de texturas finas), coincidiendo con el sector de menor mortalidad (figura 2), seguido de Uverito y Mesa de Los Hachos respectivamente, y en el perfil, esta reserva aumenta por debajo de 120 cm (menor proporción de arena). Ello refleja una tendencia directa entre la clase textural, la granulometría de las arenas y el porcentaje de mortalidad para los sectores de plantación.

Tabla 4. ANÁLISIS DE REGRESIÓN MÚLTIPLE ENTRE LA RESERVA DE HUMEDAD Y LA GRANULOMETRÍA DE LOS SUELOS

GRANULOMÉTRICA	$\beta$	ERROR ESTÁNDAR $\beta$	T.	P >  T
Intercepto	- 32.815	17.1924	- 1.9087	0.0581
Arcilla + Limo	+ 0.0677	0.0360	+ 1.8814	0.0617 <sup>ns</sup>
Arena Fina	- 0.1666	0.0321	- 5.1581	0.0000**
Arena Media	- 0.2014	0.0373	- 5.3935	0.0000**
Arena Gruesa	- 0.1690	0.0347	- 4.8756	0.0000**

\*\* altamente significativo; <sup>ns</sup> no significativo;  $\alpha = 0,05$

El análisis anterior se confirma a través de la prueba  $\chi^2$  (tabla 5), donde se observó que no existe asociación del porcentaje de mortalidad con la clase textural en los primeros 120 cm (texturas gruesas); es a partir de esta profundidad donde la prueba mostró asociación (10% de significancia); observando menor mortalidad en suelos donde existe un gradiente textural, originados por el incremento en el porcentaje de arcilla mas el limo, con la consecuente disminución del porcentaje de arena y aumento de la capacidad de almacenamiento de humedad.

Tabla 5. **RELACIÓN ENTRE EL PORCENTAJE DE MORTALIDAD Y LA CLASE TEXTURAL DE LOS SUELOS, POR ESTRATOS PARA TODOS LOS PERFILES EN LOS SECTORES DE PLANTACIÓN**

CLASE TEXTURAL PROF. 0 - 20 CM	% DE MORTALIDAD				TOTAL L (N)
	≤ 25	>25 < 50	> 50 < 75	> 75	
Arenoso medio	11	6	3	12	32
Arenoso fino	5	0	3	0	8
Franco arenoso medio	1	1	0	0	2
Arenoso francoso medio	0	0	1	0	1
Arenoso francoso fino	1	1	0	0	2
Franco arenoso fino	0	1	0	0	1
Total	18	9	7	12	46
$\chi^2_{(cal.)} = 21.4 < \chi^2_{(Tab, 10\%)} = 21.4$ No hay asociación					
Prof. 40 - 60					
Clase textural	≤ 25	>25 < 50	> 50 < 75	> 75	Total
Arenoso medio	12	2	2	6	22
Arenoso fino	2	5	1	2	10
Arenoso francoso fino	2	1	3	1	7
Arenoso francoso medio	2	0	0	0	2
Franco arenoso medio	0	0	1	1	2
Franco arenoso fino	3	0	0	0	3
Total	21	8	7	10	46
$\chi^2_{(cal.)} = 21.03 < \chi^2_{(Tab, 10\%)} = 22$ No hay asociación					
Prof. 80 - 120					
Clase textural	≤ 25	>25 < 50	> 50 < 75	> 75	Total (N)
Arenoso medio	7	0	0	0	7
Arenoso fino	6	3	1	0	10
Franco arenoso medio	2	3	2	3	10
Franco arenoso fino	1	0	0	0	1
Arenoso francoso fino	3	1	2	5	11
Arenoso francoso medio	0	1	1	4	6
Franco arcillo arenoso	1	0	0	0	1
Total	20	8	6	12	46
$\chi^2_{(cal.)} = 25.88 < \chi^2_{(Tab, 10\%)} = 26$ no hay asociación					

Prof. 120 – 160						
Clase textural	≤ 25	< 25 50	< > 50	< 75	> 75	Total (N)
Franco arenoso medio	2	3	2	1	8	
Franco arenoso fino	3	0	0	0	3	
Arenoso francoso fino	3	1	2	5	11	
Arenoso francoso medio	0	1	1	4	6	
Arenoso fino	6	3	1	0	10	
Arenoso medio	7	0	0	0	7	
Franco arcillo arenoso	1	0	0	0	1	
Arcilloso	0	0	0	0	0	
Total	22	8	6	10	46	

$\chi^2_{(cal.)} = 26.4 > \chi^2_{(Tab, 10\%)} = 26$  Hay asociación

### Mortalidad Vs. Tipos de Suelos

La distribución porcentual de los tipos de suelos en los sectores afectados se muestra en la tabla 6. Los suelos clasificados como Typic Ustipsamments dominan ampliamente en las parcelas evaluadas 50% en Mesa de Los Hachos (sector de mayor mortalidad), 47% en Coloradito y 33 % en Uverito, seguido de Arenic Kandiusults (33% en Uverito, 25% en Mesa de Los Hachos y 12% en Coloradito) Typic Haplustults (17% en Uverito y 6% en Coloradito), Acrustoxi Kandiusults (26% en Coloradito), Inceptic Haplustox (25% en Mesa de Los Hachos, 9% en Coloradito) y Arenic Kanhaplustults (17% en Uverito).

Tabla 6. **DISTRIBUCIÓN PORCENTUAL DE LOS TIPOS DE SUELO EN LAS ÁREAS AFECTADAS POR MORTALIDAD**

TIPO DE SUELO	COLORADITO	UVERITO	M. DE LOS HACHOS (%)
	(%) N= 22	(%) N= 12	(%) N=12
Typic Ustipsamments	47	33	50
Arenic Kandiusults	12	33	25
Typic Haplustults	6	17	0
Acrustoxic Kandiusults	26	0	0
Inceptic Haplustox	9	0	25
Arenic Kanhaplustults	0	17	0
Total	100	100	100

Sin embargo, para un mismo tipo de suelo existe una variabilidad muy alta en el porcentaje de mortalidad. Este es el caso de los Typic Ustipsamments (A), cuyo valor medio fue de 58% (figura 4), con valores entre 0 y 100% de mortalidad. En los Arenic Kandistuls (B) la mortalidad alcanzó el 51% y muestra un comportamiento muy similar al caso anterior. Para los Inceptic Haplustox (E) fue de 53%, seguido de Arenic Kanhaplustults (F), con 43,5%; Acrustoxi Kandistults (D) con de 30,5% y finalmente en aquellos con características físicas más favorables, como los Typic Haplustults (C), el porcentaje de mortalidad disminuyó considerablemente (16,7%).

Los resultados anteriores expresan claramente que el fenómeno ocurre sobre una amplia variabilidad edáfica, y aunque su frecuencia y magnitud tiende a ser mayor en los suelos más arenosos (Typic Ustipsamments y Arenic Kandistuls), no se puede afirmar que exista una dependencia directa en función de los suelos, ya que el análisis de varianza no muestra diferencias estadísticamente significativas ( $\alpha = 0,05$ ) entre los valores del porcentaje de mortalidad y los tipos de suelos (tabla 7). Es probable que este resultado se debe en parte, a que existen pocas parcelas en los suelos con características físicas más favorables como son los caracterizados por las letras C y F (2 y 3 parcelas respectivamente). Por ello, se considera que existe mayor oportunidad de que el fenómeno se presente con más frecuencia en los suelos más arenosos con menor capacidad de reserva asequible de humedad.

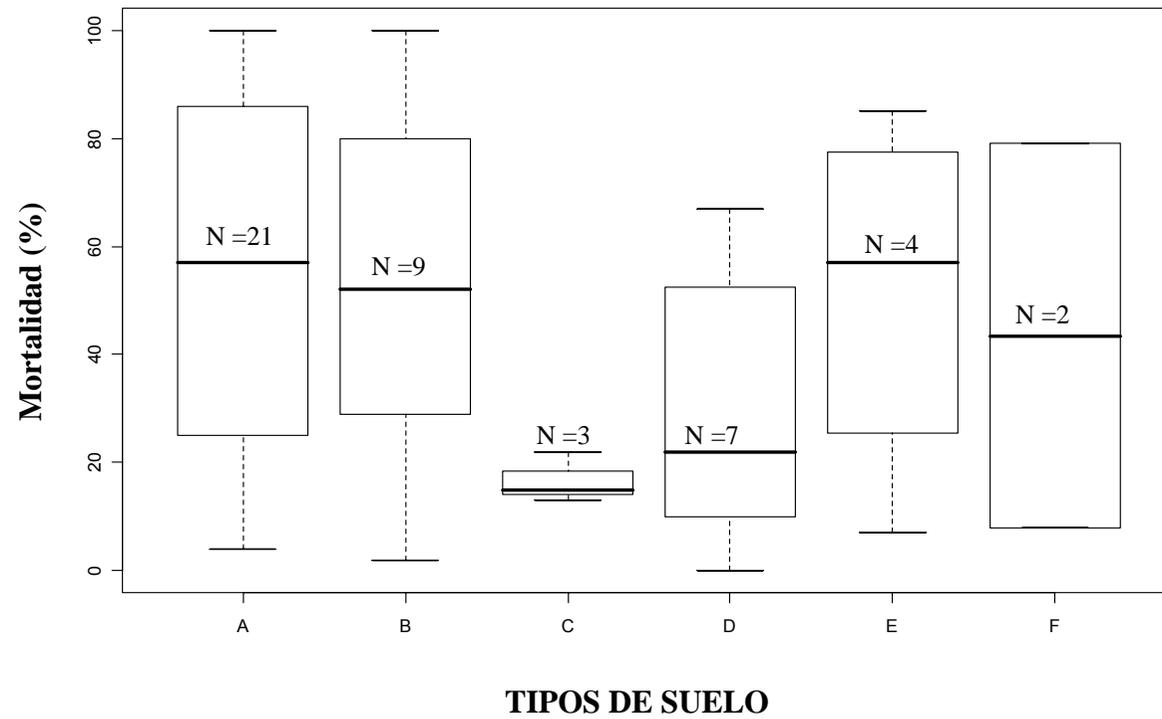


Figura 4. Relación entre el porcentaje de mortalidad y los tipos de suelos

Tabla 7. **ANÁLISIS DE VARIANZA ENTRE EL PORCENTAJE DE MORTALIDAD (VARIABLE DEPENDIENTE) Y LOS TIPOS DE SUELO**

	GL	SUMA DE CUADRADOS	MEDIA CUADRÁTICA	F	PR (> F)
Suelo	5	50.570	10.114	1,4552	0,226 <sup>ns</sup>
Error Residual	40	278.014	6.950		

<sup>ns</sup> no significativo ( $\alpha= 0,05$ )

Debido a lo anterior y al bajo rendimiento en cuanto a las variables del vuelo (H, DAP, G), se podría suponer que el desarrollo de estas plantaciones sobre suelos con características como las descritas en este trabajo (oligotróficas), conlleva a que la planta se encuentre en permanente estrés hídrico – nutricional, y conjuntamente con la falta de mantenimiento (podas, entresacas etc.), constituyen factores predisponentes que originan estrés a largo plazo (Pedersen, 1998). Por ello, el desarrollo de los pinos no está orientado a maximizar la productividad, sino más bien a lograr un compromiso entre la supervivencia y la producción, donde el aumento en resistencia, necesitado para sobrevivir a condiciones adversas a menudo se adquiere al costo de su crecimiento. Esta situación crea condiciones de inestabilidad en las plantaciones y las hacen susceptibles a desarrollar síntomas que preceden a la mortalidad, pudiéndose presentar en grandes proporciones si se sobrepasa el umbral de tolerancia de la especie, principalmente, cuando existen años extremos de sequía, como los reportados para los períodos 1993 al 1994 y 1997 al 1998 por Suárez (2000) y Torres *et al.*, (2001), respectivamente.

## CONCLUSIONES

El mayor porcentaje de mortalidad se observó en el sector Mesa de Los Hachos (70%), sector dominado ampliamente por suelos de texturas gruesas, seguido de Uverito (44,4%), Coloradito (36% y 12%) para las plantaciones de 1982 y 1986, respectivamente.

Las plantaciones se desarrollan sobre suelos extremadamente pobres, los cuales presentan bajos contenidos de materia orgánica, nitrógeno, fósforo, muy baja capacidad de intercambio catiónico, de reacción extremadamente ácida, déficit de cationes básicos, media a alta saturación por aluminio en el complejo de intercambio catiónico; con texturas predominantemente arenosas y baja reserva de humedad. Estas características determinan un bajo rendimiento de las plantaciones en el área de estudio.

El análisis de regresión lineal múltiple entre el porcentaje de reserva de humedad y la granulometría de los suelos reportó un coeficiente de determinación bueno ( $r^2 = 0,7674$ ), confirmando que a mayor contenido de arena en el perfil edáfico menor es la capacidad de almacenamiento de humedad.

Existe mayor oportunidad de que el fenómeno de mortalidad se presente sobre los suelos más arenosos, ya que el 72% de las parcelas evaluadas mostraron predominancia de las clases arenosa y arenosa francosa.

Aunque se observó mayor frecuencia (mayor número de parcelas) del fenómeno en los suelos más arenosos (**Typic Ustipsamments**), con muy baja reserva de humedad y extremadamente pobres, así como, cierto grado de asociación con el gradiente textural después de 120 cm. de profundidad (prueba  $\chi^2$ ), los resultados del ANAVAR indican que difícilmente este fenómeno puede ser atribuido a un solo factor, en nuestro caso los suelos, ya que no hubo diferencias significativas ( $\alpha = 0,05$ ) entre los distintos tipos de suelo.

A pesar de la amplitud ecológica y edáfica que tiene la especie en su área de distribución natural, el déficit de humedad que se presenta durante la mayor parte del año en el área de estudio, así como la extrema pobreza química de los suelos y su baja capacidad de almacenamiento de humedad asequible, constituyen los principales factores que originan una desviación significativa de las condiciones óptimas para su desarrollo. Ello afecta severamente su crecimiento y su capacidad de sobrevivencia.

## REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

1. ACOSTA, J. 1983. **Clasificación de la Calidad de Sitio, en Base a Factores Edáficos, para *Pinus caribaea* var. *Hondurensis* en las Sabanas de Coloradito, Estado Anzoátegui, Venezuela.** Tesis M.Sc. Facultad de Ciencias Forestales, Universidad de Los Andes. Mérida, Venezuela.
2. ADAMS, F. & B. L. MOORE. 1983. **Chemical Factors Affecting Roots Growth in Subsoil Horizons of Coastal Plain Soils.** Soil Sci. Soc. Am. J., 47:99-107.
3. AGRIZONIS, N. 1990. **Análisis Biológico de los Factores Predisponentes al Ataque de Hongos y Muerte de los Pinos.** CVG-PROFORCA. Centro de Investigaciones Forestal. Informe Interno. El Merey estado Monagas, Venezuela.
4. ANDERSSON, F.; F. BRAEKKE & L. HALLBÄCKEN L. 1998. **Nutrition and Growth of Norway Spruce Forest in Nordic Climatic Deposition Gradient.** Nordic Council Ministers.
5. BINKLEY, O. 1991. **Connecting Soils With Forest Productivity.** pp 66 - 69. *In*; Proceedings Management and productivity of western - montane forest soils. United State, Department of Agriculture, Forest Service (cd). General Technical Report 280. Interniountaifl Research Station.
6. BIR, J. & R. BARNES. 1990. **Provenance Variation in *Pinus caribaea*, *P. oocarpa* and *P. patula* ssp. *tecunumanii*.** Tropical Forestry Papers, 21 VII. 40 p.
7. BRUAND, A. & D. TESSIER. 2000. **Water Retention Properties of the Clay in Soils Developed on Clayey Sediments:** significance of parent material and soil history. European.
8. BURDON, J. J; A. WENNSTRÖM; W. MÜLLER & L. ERICSON. 1994. **Spatial Patternig in Younds Stands of *Pinus sylvestris* in Relation to Mortality Caused by the Blight Pathogen Phacidium Infestans.** Oikos 71: 130-136.
9. CVG-PROFORCA. 1994. **Informe Sobre la Sequía Extrema del Primer Semestre de 1994 y su Influencia en las Plantaciones de Pino Caribe en Coloradito y Los Hachos.** Informe Interno. El Merey, Venezuela. 13p.
10. DAS, B. L. 1994. **Tropical Pines in Orissa.** Indian Forester 108: 114 - 122.
11. ESCOBAR, R. 1992. **Propuesta de Clasificación de Suelos con Fines de Plantación de *Pinus caribaea* en el Oriente de Venezuela.** Tesis M.

- Sc. Facultad de Ciencias Forestales, Universidad de los Andes. Mérida, Venezuela.
12. ESCOBAR, R.; W. FRANCO & A. TORRES. 1995. **Régimen Hídrico y Microclima en Plantaciones de Pino Caribe, Morichal y Sabana en los Llanos Orientales de Venezuela.** Revista Forestal Venezolana, 30:49-61.
  13. FASSBENDER, H.; J. COMERMA; P. BRITO & F. SALAS. 1979a. **Estado Nutricional de los Suelos en la Zona de Plantaciones de *Pinus caribaea* en el Oriente de Venezuela.** Acta Científica Venezolana. 30 : 582 - 585. Venezuela.
  14. ----- 1979b. **Retención y Disponibilidad de Agua en los Suelos de las Plantaciones de *Pinus caribaea* en el Oriente de Venezuela.** Acta Científica Venezolana. 30 : 577 - 581. Venezuela.
  15. FRANCO, W. & J. ACOSTA. 1985. **Avances en la Clasificación de Suelos con Fines de Plantación de *Pinus caribaea* en el Proyecto Chaguaramas (CONARE), Estado Monagas.** Revista Forestal Latinoamericana 3.
  16. FÜHRER, E. 1990. **Forest Decline in Central Europe: additional Aspects of its Causes.** Forest Ecology and Management, 37 : 249 - 257.
  17. GEE, G. & J. W. BAUDER. 1986. **Particle Size Analysis, In Kutee A. (Ed).** Methods of soil analysis, Part 1. 2<sup>nd</sup> Ed. American Society of Agronomy, Madison, Wi. 383-411 99.
  18. GIBSON, G. L; R. D. BARNES & J. BERRINGTON. 1983. **Provenance Productivity in *Pinus caribaea* and its Interaction With Environment.** The Commonwealth Forestry Review 62: 93-106.
  19. GIMENEZ, S. 1980. **Variation in Plantation of *Pinus caribaea* var. *hondurensis* Barr. And Golf. In Southern Monagas, Venezuela.** Tesis Doctoral. The University of Tennessee, Knoxville, Tenn. USA.
  20. GIMENEZ, S. 1993. **Adaptabilidad de *Pinus spp.* a los Llanos Occidentales de Venezuela Asociada a la Variación Geográfica de la Semilla.** Rev. For. Venez. 27 (37):59-83.
  21. HEIM, H.; I. BRUBER; E. FROSSARD & J. LUSTER. 2003. **Aluminum Effects on *Picea Abies* at Low Solution Concentrations.** Soil Sci. Soc. Am. J. 67:895-898.
  22. HODGES, C. S. 1983. **Pine Mortality in Hawaii Associate With *Bothryosphaeria dothidea*.** Plant Disease 67: 555 – 556.
  23. HOLMQUIST, O. 1990. **El Síndrome de Muerte Súbita del Pino Caribe.** Celulosa y Papel de Venezuela 2: 9-12.
  24. LARCHER, W. 1995. **Physiological Plant Ecology.** Third edition. Institut für Allgemeine Botanik der University Innsbruck. Austria. 321 -. 331.

25. LIEGEL, L. H. 1985. **Growth, Form and Flowering of Caribbean Pine Families in Puerto Rico.** The Commonwealth Forestry Review 64: 67-74.
26. LÓPEZ, H. & L. POMENTA. 1983. **Cambios Químicos Inducidos en las sabanas de Uverito (Edo. Monagas, Venezuela), por las plantaciones de *Pinus Caribaea*.** Turrialba Vol. 35, N° 1, 77-83.
27. LUGO, L. 2000. **Caracterización de las raíces leñosas de la especie *Pinus caribaea var hondurensis* y los suelos, en plantaciones afectadas por mortalidad en el Oriente de Venezuela.** Tesis M. Sc. Facultad de Ciencias Forestales y Ambientales, Universidad de Los Andes. Mérida, Venezuela.
28. MAC-FONAIAP. 1990. **Manual de métodos de referencia para el análisis de suelo para el diagnóstico de fertilidad.** Caracas, Venezuela.
29. MALEK, R.; J. APPLEBY. 1984. **Epidemiology of wilt in illinois.** Plant Disease 68:180-186.
30. MARQUEZ, O.; R. HERNÁNDEZ; W. FRANCO & F. VISÁEZ. 1994. **Factores edáficos y estado nutricional de plantaciones de *Pinus caribaea* en relación a la muerte regresiva en Uverito, estado Monagas.** Venesuelos. 2: 15-18.
31. MUELLER-DOMBOIS, D. 1986. Perspectives for an etiology of stand - level dieback. Ann. Rev. Ecol. Sist. 17 : 221-243.
32. OLIVARES, L.; J. QUINTERO. 1993. **Estudio comparativo de la sobrevivencia del Pino Caribe asociado a diferentes ambientes edafoclimáticos en el sur de los estados Monagas y Anzoátegui.** Trabajo de Pasantía. Universidad de Los Andes. Facultad de Ciencias Forestales. Escuela de Geografía. Mérida Venezuela. Mimeografiado.
33. OSMAN, K. T.; M. A. GAFUR; T. JAMALI & S. KAMALUDDIN. 1997. **Growth and nutrient dynamics of young *Pinus Caribaea Morelet* plantation on denuded hill soil of Bangladesh.** Indian Forester 123: 127-135.
34. OYONARTE, C.; I. ESCORIZA; R. DELGADO; V. PINTO & G. DELGADO. 1998. **Water-retention capacity in fine earth and gravel frctions of Semiarid Mediterranean Montane Soils.** Arid Soil Research and Rehabilitation, 12: 29-45.
35. PEDERSEN, B. 1998. **The role of stress in the mortality Midwestern oaks as indicated by growth prior to death.** Ecology 79: 79-93.
36. PLA, I. 1983. **Metodología para la caracterización física con fines de diagnóstico de problemas de manejo y conservación de suelos en condiciones tropicales.** Alcance. Revista Facultad de Agronomía N° 32. Universidad Central de Venezuela. Maracay, 91pp.

37. POLLE, E. A.; A. F. KONZAK & J. A. KITTICK. 1978. **Visual detection of aluminium tolerance levels in wheat by haematoxylin staining of seedling roots.** Crop Sci. 18:823-827.
38. R.2006. **The R foundation for statistical computing.** ISBN 3-900051-07-0. Disponible en <http://www.r-project.org/foundation/main.html>
39. PROCTER, J.1967. **A nutritional disorder of pine.** Commonwealth Forestry Review 46:145 – 154.
40. ROBBINS, A. & C. HUGHES. 1983. **Provenances regions of *Pinus caribaea* and *Pinus oocarpa* within in the Republic of Honduras.** Commonwealth Forestry Institute. Tropical Forest Paper. N° 18. Oxford. England. 77p.
41. SAS INSTITUTE. 1994. SAS/STAT Software. **Changes and Enhancements, release 6.08.** SAS Technical Report, SAS Institute. Cary North Caroline. USA.
42. SLEE, M.; SPIDY, T.; & P.S. SHIM. 1976. **Dieback and deformities in *Pinus caribaea* var *hondurensis* in Lowland Malaysia.** The Malaysian Forester 39: 1-10.
43. SOIL SURVEY SATFF. 2003. **Key to soil taxonomy, ninth edition.** 332pp.
44. STEEL, D. R. & J. H. TORRIE. 1988. **Bioestadística: Principios y Procedimientos.** 2ª ed. McGraw-Hill/Interamericana de México, S.A. de C.V. México 613p.
45. SUAREZ, C. 2000. **Distribución espacial de la mortalidad en plantaciones de *Pinus caribaea* var *hondurensis*, en Coloradito Estado Anzoátegui, Venezuela.** Tesis M. Sc. Facultad de Ciencias Forestales y Ambientales, Universidad de Los Andes. Mérida, Venezuela.
46. TOBAR, A. 1976. **Evaluación de la calidad de sitio de las plantaciones de *Pinus caribaea* var *hondurensis* en relación a los factores edáficos en Cachipo, Estado Monagas, Venezuela.** Tesis de Magister Scientiae. Facultad de Ciencias Forestales, Universidad de Los Andes. Mérida. Venezuela.
47. TORRES, A.; M. DIAZ; H. RAMIREZ; R. ANDRESSEN; L. LUGO; C. CARRERO & L. CEDENO. 2001. **Natural hazar assesment and management in caribbean pine of eastern Venezuela.** IUFRO DIVISION 4. España.
48. VALERA, L. & V. GARAY. 1997. **Determinación de la variación morfológica, de rendimiento y tecnología en procedencias de *Pino caribaea* var. *hondurensis* creciendo en plantación comercial. Trabajo de Ascenso a Agregado.** Universidad de Los Andes. Facultad de Ciencias Forestales y Ambientales. Instituto de Investigaciones para el Desarrollo Forestal. Mérida, Venezuela. Mimeografiado.

49. VINCENT, 1978. **Site classification for young caribbean pine (*Pinus caribaea var. hondurensis*) in grassland, Venezuela.** Ph.D. Dissertation. The University of Tennessee, Knoxville, Tennessee, USA. Mimeografiado.
50. VINCENT, L. 1979. **Calidad de sitio para pino caribe en sabanas orientales de Venezuela.** Corporación Venezolana de Guayana y Consejo de Desarrollo Científico y Humanístico, Universidad de Los Andes. Mérida, Venezuela.
51. WINGFIELD, M. J. 1980. **Association of *Diplodia pinea* with a root disease of pines in South Africa.** Plant Disease 64:221-223.
52. WOOD, P. J.; J. BURLEY & G.A. HOWELL. 1971. **Variations in the needles of 12 tropical pines grown in Zambia.** 15<sup>th</sup> IUFRO Congress, Gainesville, Florida, USA.
53. ZECH, W. & P. DRECHSEL. 1992. **Multiple mineral deficiencies in forest plantation in Liberia.** Forest Ecology and Management 48: 121-143.
54. ZINCK, A. & P. URRIOLOA. 1970. **Origen y evolución de la formación Mesa: un enfoque edafológico.** Ministerio de Obras Públicas, División de Edafología. Barcelona, Venezuela.

### ***AGRADECIMIENTOS***

Los autores expresan su agradecimiento al Centro de Desarrollo Científico Humanístico y Tecnológico de la Universidad de Los Andes (CDCHT), por el financiamiento aportado para realizar esta investigación. A la gerencia de la empresa CVG-PROFORCA y su personal técnico y obrero.

Al grupo de investigación BIODSUS del Instituto para el Desarrollo Forestal de la Universidad de Los Andes.

A los Drs. Armando Torres y Wilfredo Franco por su asesoría, así como al Técnico Superior Antonio Vielma por el trabajo realizado en la separación de las fracciones granulométricas.