

COMPORTAMIENTO DE ESPECIES MADERABLES NATIVAS Y EXÓTICAS CULTIVADAS EN SUELOS ULTISOLES DE VERAGUAS¹

**Jhon A Villalaz-Pérez²; Osvaldo Cerrud-Pérez³; José E Villarreal-Núñez⁴;
Adolfo Santo-Pineda⁵; Luis A Barahona-Amores⁶**

RESUMEN

El objetivo fue evaluar la adaptabilidad y comportamiento de dos especies nativas y dos exóticas en suelos ultisoles. Se realizó en la Finca Experimental de Calabacito. Se utilizó un diseño de Bloques Completamente al Azar con cuatro repeticiones. Las especies nativas utilizadas fueron *Dipterex panamensis* y *Terminalia amazonia* y las exóticas fueron *Tectona grandis* y *Pinus caribaea*. Durante los cinco años del estudio, se fertilizó con una mezcla de roca fosfórica (30% de P_2O_5), abono orgánico comercial y abono completo 12-24-12. Las variables analizadas fueron: incremento en altura y diámetro, materia orgánica, capacidad de intercambio catiónico efectivo, porcentaje de saturación de aluminio. Para analizar los datos se utilizó el análisis de varianza y las medias fueron separadas con la prueba de rangos múltiples de Duncan y comparación de medias por Duncan. Para el período de evaluación 2010 – 2014 el mayor incremento medio anual en altura y en diámetro a la altura del pecho (1,30 m), fue para la *Tectona grandis*, con valores de 126,65 cm año⁻¹ y 1,05 cm año⁻¹, respectivamente. En un año de crecimiento (2013 – 2014), la especie con mayor valor fue la *T. grandis* con 125,3 cm año⁻¹ de incremento corriente anual en altura y 1,50 cm año⁻¹ en diámetro a la altura del pecho. Se observó que hubo diferencias significativas en las variables de suelo del inicio con respecto al año quinto; pero no mostró diferencias significativas entre los tratamientos. La especie exótica de mejor comportamiento fue la *T. grandis* y entre las nativas fue la *T. amazonia*.

PALABRAS CLAVES: Incremento corriente anual, incremento medio anual, diámetro a la altura del pecho, capacidad de intercambio catiónico efectivo, materia orgánica.

¹Recepción: 17 de febrero de 2017. Aceptación: 5 de marzo de 2017. Investigación financiada por el IDIAP. Proyecto: Investigación e Innovación Forestal.

²Ing. en Ciencias Forestales. IDIAP. Centro de Investigación Agropecuaria Central (CIAC). e-mail: jvillalaz14@gmail.com

³Ing. en Ciencias Forestales. IDIAP. CIAC. e-mail: justicier05@yahoo.es

⁴Ph.D. en Edafología. IDIAP. CIAC. e-mail: jevilla38@gmail.com

⁵Ing. en Ciencias Forestales. IDIAP. CIAC. e-mail: asantospineda@gmail.com

⁶Ing. Agr. Fitotecnista. IDIAP. Centro de Investigación Agropecuaria Azuero (CIAA). e-mail: alberline@gmail.com

BEHAVIOR OF NATIVE AND EXOTIC WOOD SPECIES CULTIVATED ON ULTISOLS SOILS IN VERAGUAS

ABSTRACT

The objective was to evaluate the adaptability and behavior of two native and two exotic species in ultisols soils. The trial was carried at the Experimental Farm in Calabacito. A completely randomized block design with four replicates was used. The native species used were *Dipterex panamensis* and *Terminalia amazonia*, and the exotic ones were *Tectona grandis* and *Pinus caribaea*. During the five years of the study, it was fertilized with a mixture of phosphate rock (30% P_2O_5), commercial organic fertilizer and complete fertilizer 12-24-12. The variables analyzed were: height growth and diameter at breast height, organic matter, effective cation exchange capacity, percentage of aluminum saturation. To analyze the data, we used the analysis of variance and the means were separated using Duncan's multiple range test and mean comparison by Duncan. For the evaluation period, during 2010-2014, the largest mean annual increase in height and diameter at chest height (1,30 m) was for *Tectona grandis*, with values of 126,65 cm year⁻¹ and 1,05 cm year⁻¹ respectively. In one year of growth (2013-2014), the specie with the highest value for annual increase in height and diameter at chest height was *Tectona grandis* with 125,3 cm year⁻¹ and 1,50 cm year⁻¹. It was observed that there were significant differences in the soil variables of the beginning with respect to the fifth year; but there were not significant differences between treatments. The exotic species with the best behavior was *T. grandis* and among the native species was *T. amazonia*.

KEY WORDS: Current annual increment, mean annual increment, diameter at breast height, capacity effective cation exchange, organic matter.

INTRODUCCIÓN

La diversidad de especies forestales, se ha convertido en el principal reto de conservación de la masa forestal e investigación en todos los países del mundo. La producción y uso de la madera han ido en aumento, debido al consumo de este rubro por la población, para incrementar su economía.

En Panamá se han reportado más de 71 000 ha de tierras reforestadas. Durante los últimos 17 años de actividad de reforestación (1992-2008), con apoyo de la Ley 24, se han reforestado 62 000 ha, lo cual representa una tasa de reforestación anual de 3640 ha año⁻¹ (ANAM 2010).

Las consecuencias de reforestar con especies exóticas en nuestro país, ha llevado a que se ocupen muchas superficies de suelos de vocación o aptitud forestal (clase VI y VII). Sin embargo, se debe reconocer que no todas las especies exóticas son igualmente perjudiciales para la naturaleza.

La introducción y propagación de una especie no autóctona, produce cambios significativos en términos de composición, estructura o procesos del paisaje (Bertonatti y Corcuera 2000).

Por cada especie que se introduce en un ecosistema estable habrá una o varias especies que sufrirán alguna merma, aun cuando sólo tenga algún efecto colateral. Esta merma puede visualizarse como disminución en el número de individuos (densidad), en la biomasa (peso) o en la extensión geográfica.

El 70% de los suelos tropicales del hemisferio occidental está dominado por suelos ácidos e infértiles de los órdenes oxisoles y ultisoles, con baja vegetación de bosques y sabanas (Sánchez y Salinas 1983). Los suelos ultisoles reconocidos tienen un horizonte argílico de poco espesor y un bajo porcentaje de saturación de base, generalmente inferior a 25% dentro de la sección de control del perfil edáfico. Se ha identificado un suborden

udult, (ultisoles de topografía accidentada formados bajo condiciones de clima tropical húmedo; son de color pardo rojizo oscuro y no muestran evidencias de saturación hídrica).

El crecimiento de los árboles, está influenciado o asociado al factor tiempo y a las condiciones ambientales del sitio. Cuando las condiciones ambientales (características edáficas y climáticas), son favorables al desarrollo, estos presentan su máxima capacidad de crecimiento.

Las principales formas de adaptación de las plantas a los efectos adversos de la acidez del suelo se pueden agrupar en dos categorías: tolerancia de las especies a la acidez (Wright y Ferrari 1976, Baligar y Duncan 1990, Salas 1996) y la utilización de enmiendas para neutralizar la acidez (Sánchez y Salinas 1983, Espinosa y Molina 1999).

Se encontró que los requerimientos de nutrientes para la teca, aumentan con la edad y tienen el siguiente orden $K > Ca > N > P > Mg$ (Nwoboshi 1984).

La Finca Experimental de Calabacito, perteneciente al Instituto de Investigación Agropecuaria de Panamá (IDIAP), fue designada como representativa de los suelos ácidos para evaluar cultivos y especies forrajeras, y

posteriormente en 1985 se introdujeron actividades forestales con especies exóticas (*Acacia mangium*, *Gmelina arborea*).

Datos experimentales del IDIAP, en ultisoles ácidos, catalogan a la *Acacia mangium* al compararlas con otras especies nativas y exóticas tales como *Tectona grandis*, *Eucalipto camandulensis*, *Genipa americana* como la de mejor comportamiento (Name *et al.* 1987).

Nacionalmente se han realizado actividades de investigación que han permitido evaluar el comportamiento de un número reducido de especies exóticas en áreas restringidas de nuestra geografía. Sin embargo, gran parte de las especies exóticas y muchas de las nativas todavía no han sido evaluadas en aspectos como crecimiento, adaptabilidad y modificación de propiedades del suelo.

Para esta actividad se propuso el estudio de especies maderables nacionales de una dureza extraordinaria y reportada como una de las maderas más pesadas con una amplia gama de usos pero cuya fuente ha ido desapareciendo poco a poco del paisaje y de las que poco se conoce.

En el caso de las especies exóticas se planteó la utilización de dos de las más conocidas a fin de evaluar los beneficios que pudieran aportar en los aspectos de conservación y recuperación de los suelos, así como en la regeneración espontánea de otras especies, lo que serviría como elemento de comparación frente a estos mismos aspectos evaluados en especies nativas.

El objetivo de este ensayo fue evaluar el comportamiento de dos especies nativas y dos exóticas cultivadas en suelos ultisoles, evaluar la dinámica de las propiedades químicas del suelo, producidas en las parcelas de especies nativas y exóticas.

MATERIALES Y MÉTODOS

El ensayo se estableció en la Finca Experimental de Calabacito, perteneciente al Instituto de Investigación Agropecuaria de Panamá (IDIAP), ubicada en el distrito de San Francisco, provincia de Veraguas, en las coordenadas 8° 14' 50" N y 81° 04' 57" O. La clasificación climática según McKay (2000), presenta un clima subecuatorial con estación seca; con promedios anuales de temperatura de 26,5° a 27,5° C. Los niveles de precipitación son elevados, cercanos o superiores a los 2500 mm. El clima es de estación seca corta y acentuada con tres a cuatro meses de duración (ANAM 2010).

La Finca Experimental de Calabacito, está clasificada agrologicamente en la clase III y IV, posee una precipitación anual promedio de 2500 mm, un drenaje moderadamente bueno y una permeabilidad moderada (Jaramillo 1987).

El suelo es un ultisol, profundo ácido ($\text{pH} < 5,5$), con drenaje regular, de material parental ígnea, pendientes entre 1% y 3%, textura arcillosa, alta concentración de aluminio intercambiable ($2,5 \text{ cmol}^{(+)} \text{ kg}^{-1}$), baja capacidad de intercambio catiónico y con alta fijación de fósforo (Name *et al.* 1991).

Se evaluaron cuatro tratamientos en un período de cinco años, que están consideradas con un alto valor económico en Panamá. Los tratamientos evaluados fueron dos especies nativas como almendro (*Dipterex panamensis*) y amarillo (*Terminalia amazonia*) y dos especies exóticas como teca (*Tectona grandis*) y pino caribe (*Pinus caribaea*).

Se obtuvieron mediciones de alturas totales y diámetro a altura del pecho (DAP), antes y después de aplicar los tratamientos para determinar el incremento medio (IMA) y corriente (ICA), anuales tanto en alturas como en DAP, utilizando formulas descritas por Imaña y Encinas 2008.

$$\text{ICA} = Y_{(t+1)} - Y_{(t)}$$

Donde:

ICA = Incrementos corriente anual

Y = Dimensión de la variable considerada

t = Edad

Para el Incremento medio anual (IMA), la formula se describe como:

$$\text{IMA} = Y_t / t_0$$

Donde:

Y = Dimensión de la variable considerada

t_0 = Edad a partir del tiempo cero

El diseño utilizado fue de Bloques Completamente al Azar con cuatro repeticiones. Cada unidad experimental contaba con 30 individuos (árboles) espaciados a 4 m entre líneas y 4 m entre plantas. La separación entre unidades experimentales era de 6 m.

Tomando como base los niveles críticos de la tabla de recomendación del IDIAP para suelos con bajo contenido de fósforo y potasio; las parcelas se fertilizaron con una mezcla de roca fosfórica (30% de P_2O_5), abono orgánico comercial y abono completo 12-24-12 (Cuadro 1).

El contenido de la mezcla fue de: N (7,5%), P_2O_5 (42,74%), K_2O (10,12%), y se aplicó 113,40 g/árbol a inicio del trasplante, y 56,70 g/árbol de N (urea 46%) a los 45 días después del trasplante; una segunda aplicación de la mezcla, incorporada, a los 120 días después del

CUADRO 1. CONTENIDO DE NUTRIENTES DEL ABONO ORGÁNICO COMERCIAL, CON pH DE 7,5.

Nutriente	%
N	0,75
P ₂ O ₅	0,12
K ₂ O	1,31
CaO	1,84
MgO	1,20

Fuente: Laboratorio de Fertilidad de Suelos del IDIAP - Divisa.

trasplante; a los cinco años se aumentó la mezcla a 226,80 g/árbol al inicio y a final de las lluvias.

En todas las unidades experimentales se realizaron chapeos, podas fitosanitarias entre dos y tres años, en su mayoría, en las primeras etapas de crecimiento.

Se hizo un muestreo de suelo al inicio y al final del quinto año hasta 50 cm de profundidad, para determinar las variables químicas como porcentajes de saturación de calcio (% Sat Ca), porcentaje de saturación de magnesio (% Sat Mg), porcentajes de saturación de potasio (% Sat K), capacidad de intercambio catiónico efectivo (CICE), porcentaje de saturación de aluminio (% Sat Al), potencial de hidrógeno (pH) y materia orgánica (MO). Para conocer las variables de suelos antes mencionadas, se realizaron análisis de suelo según metodologías descritas por el laboratorio de suelos del IDIAP (Villarreal y Name 1996).

Para el análisis de los resultados se realizó el análisis de varianza y las medias fueron separadas con las prueba de rangos múltiples de Duncan (Alpha igual 0,05) y para conocer el comportamiento de los crecimientos tanto en alturas y diámetros, durante el tiempo, se realizaron graficas de regresión potencial y polinomiales.

RESULTADOS Y DISCUSION

El mayor incremento medio anual en altura (IMAH), correspondió a la especie *Tectona grandis*, seguida de la *Terminalia amazonia*, cuando se realizaron el análisis de varianza y la regresión potencial, a los incrementos en altura, encontrándose diferencias significativas entre ellas. Estos valores fueron de 126,65 y 86,63 cm año⁻¹, respectivamente (Figura 1); y para el incremento corriente anual en altura (ICAH), que es el incremento en un año de crecimiento (2013 – 2014), la especie con mayor valor fue la especie maderable exótica *T. grandis*, seguido de

la especie maderable nativa *T. amazonia*, encontrando diferencias significativas al 95%, con 125,3 cm año⁻¹ y 114,30 cm año⁻¹, respectivamente (Figura 2).

La especie nativa *T. amazonia* tuvo un aumento en crecimiento en todo el período de medición, como indica la gráfica de regresión potencial, con respecto a las otras especies (Figura 2).

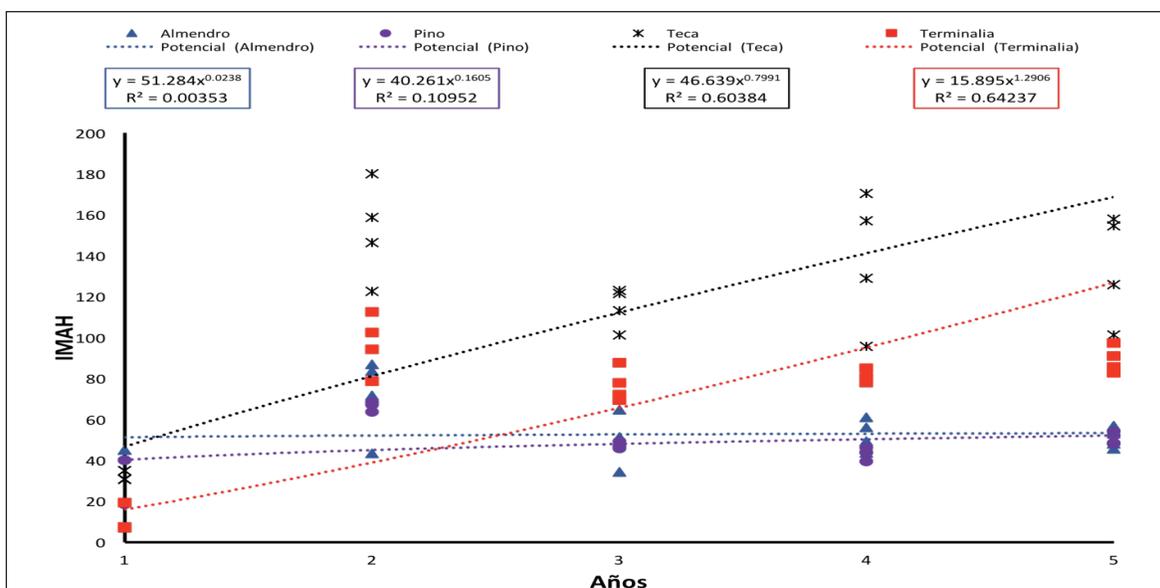


Figura 1. Incremento medio anual en altura (IMAH) (cm año⁻¹) desde el inicio del trasplante hasta el quinto año.

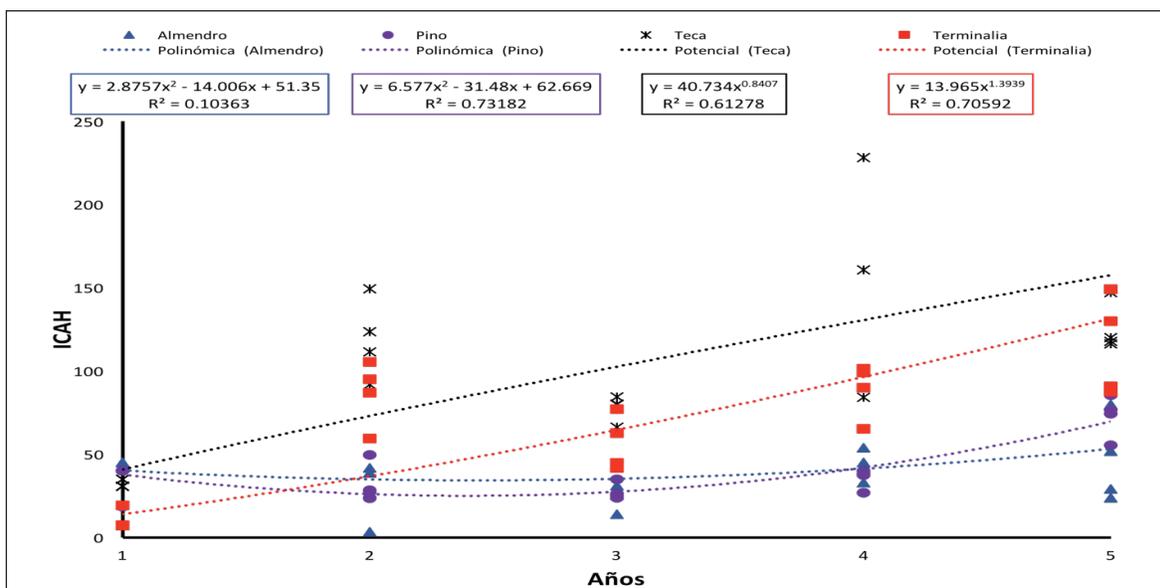


Figura 2. Incremento corriente anual en altura (ICAH) (cm año⁻¹) desde el inicio del trasplante hasta el quinto año.

Para la especie *T. grandis* se pudo observar una leve disminución de incrementos en el crecimiento en altura, a partir del segundo año. Datos observados por Chávez y Fonseca (1991) encontraron que la *T. grandis* tiene un crecimiento rápido en la etapa inicial, seguida por una etapa de crecimiento medio, a partir de la cual el crecimiento tiende a disminuir.

El IMAH varía de 73 cm año⁻¹ a 198 cm año⁻¹ para plantaciones de *T. grandis* de 10 años en la India (Kadambi 1993); encontrándose dentro de los rangos mencionados.

Los valores 46,10 cm año⁻¹ de incremento corriente anual en altura (ICAH) de la especie *Dipterex panamensis*, en el período evaluado, coinciden con los valores reportados por Delgado *et al.* (2003), de 60 cm año⁻¹; si se estima las edades medidas de 8 a 11 años.

El mayor valor de incremento medio anual en diámetro (IMADAP) lo presentó la especie *T. grandis* con 1,58 cm año⁻¹, seguido de la especie maderable nativa *T. amazonia* con 0,85 cm año⁻¹, encontrando diferencia significativa al 95% entre ambas (Figura 3).

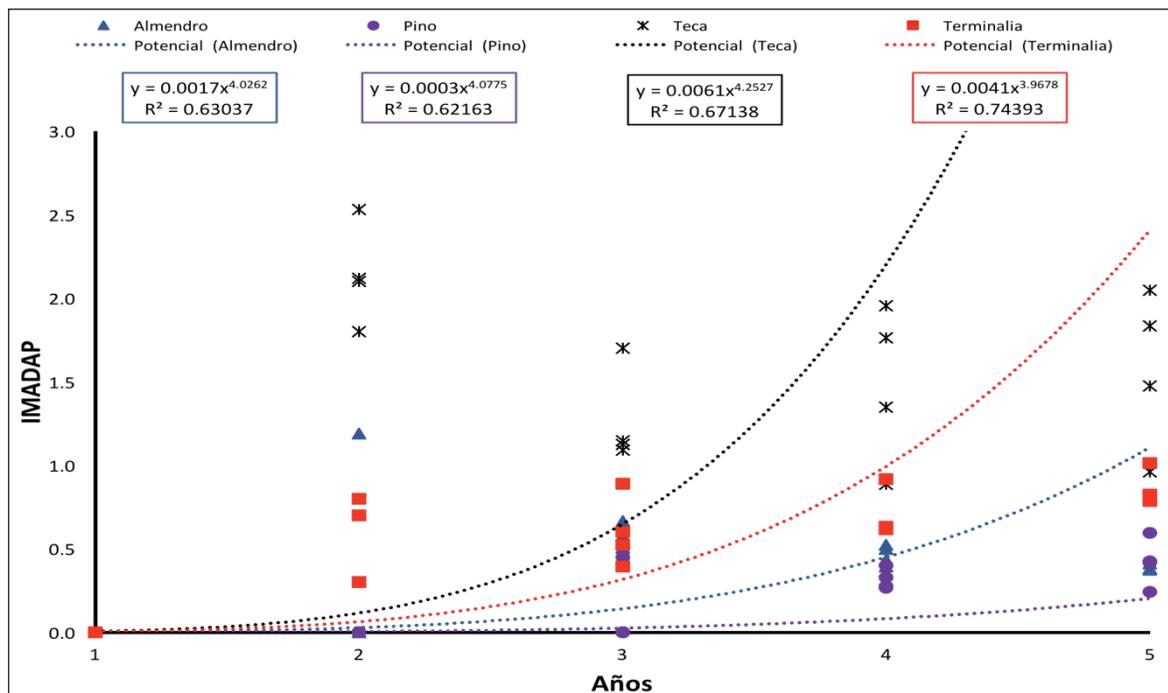


Figura 3. Incremento medio anual en diámetro a la altura del pecho (IMADAP) (cm año⁻¹) desde el inicio del trasplante hasta el quinto año.

Comparando los resultados con el estudio hecho por Mollinedo-García (2003) en Panamá, en plantaciones de *T. grandis* de edades de 10 años, donde encontró rangos de IMAH de 182 cm año⁻¹ a 372 cm año⁻¹, lo que mostró un crecimiento bajo.

Los valores encontrados para la especie *T. amazonia* se encuentran entre los rangos de 30 cm año⁻¹ a 130 cm año⁻¹ para IMAH y de 0,2 cm año⁻¹ a 1,8 cm año⁻¹ para IMADAP, son similares a los que se reportaron por Montero y Kanninen (2005).

Para el incremento corriente anual en diámetro (ICADAP), la especie con mayor valor fue nuevamente *la T. grandis* con 1,80 cm año⁻¹, seguido de la especie

nativa *T. amazonia* con 1,30 cm año⁻¹, no encontrando diferencia significativa entre las dos especies (Figura 4).

La especie con mayor mortalidad fue el *Pinus caribaea*, seguida del *Dipterex panamensis*; durante el período de investigación (Cuadro 2).

Se observó que en todas las variables medidas, de las características químicas en el suelo, hubo diferencias significativas comparando su condición del año inicial y el final a los cinco años (Cuadro 3); y entre los tratamientos estudiados, no se presentó diferencia significativa en los valores medios medidos.

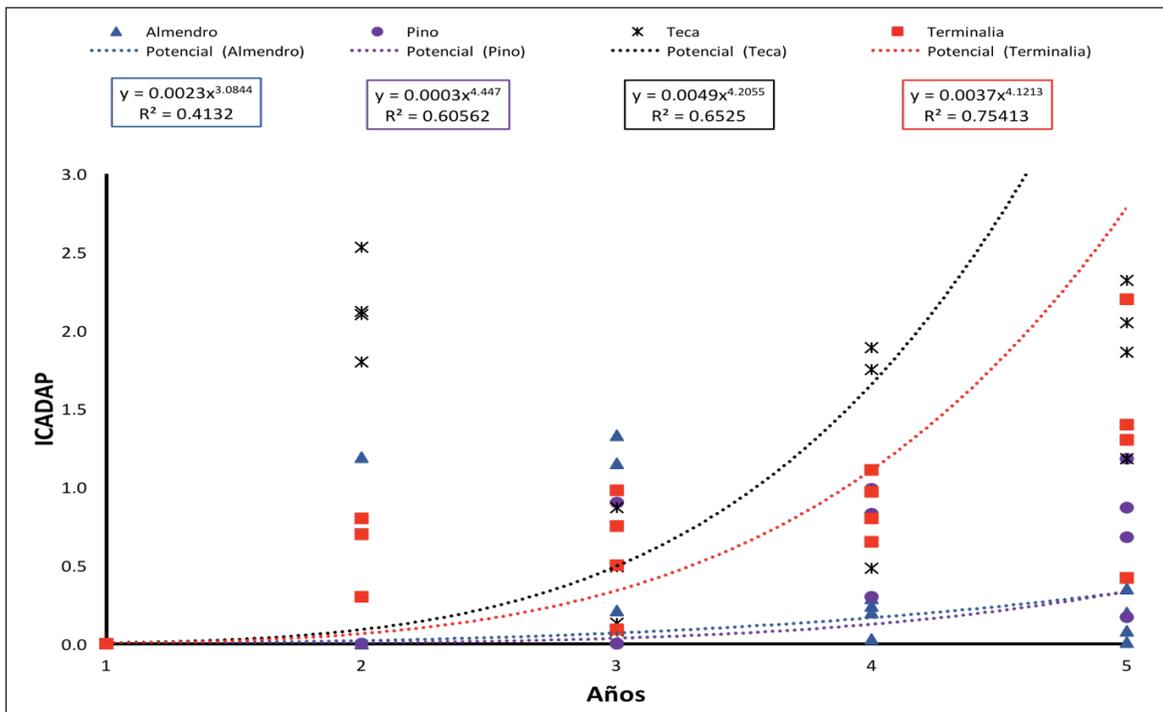


Figura 4. Incremento corriente anual en diámetro a la altura del pecho (ICADAP) (cm año⁻¹) desde el inicio del trasplante hasta el quinto año.

CUADRO 2. PORCENTAJE DE MORTALIDAD POR ESPECIES EVALUADAS.

Especies	% Mortalidad
1 Terminalia	17,0
2 Almendro	53,0
3 Teca	3,0
4 Pino	71,0

CUADRO 3. CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS ESTUDIADAS EN EL SUELO ANTES Y CINCO AÑOS DESPUÉS DEL TRASPLANTE.

Años	Variables	Valores medios	*Rango de niveles
0	pH	4,47 a	4,0 – 5,1 (muy ácido)
5		5,03 b	
0	% Sat Al	67,74 a	30 a 60 (medio)
5		52,87 b	
0	% Sat Ca	20,19 a	30 a 50 (medio)
5		24,01 b	
0	% Sat K	3,40 a	2 a 5 (medio)
5		2,70 b	
0	% Sat Mg	9,87 a	12 a 25 (medio)
5		14,60 b	
0	CICE	4,89 a	20 a 40 (medio)
5		5,69 b	
0	% MO	2,08 a	2,1 a 6,0 (medio)
5		3,00 b	

Valor de significancia ($P < 0,05$).

SAT Al= Saturación de aluminio; SAT Ca= Saturación de calcio; SAT K= Saturación de potasio; SAT Mg= Saturación de magnesio; MO= Materia Orgánica; CICE= Capacidad de intercambio catiónico efectivo.

*Rangos de niveles según el Laboratorio de suelos del IDIAP.

Se pudo observar que a pesar que la especie exótica Teca, presento, mayor IMAH que las demás especies, esta reduce su crecimiento, en comparación con las otras. Esto coincide con Alvarado *et al.* (2002); que encontraron que los suelos con pH inferiores a 6,0, pueden presentar un escaso desarrollo radical, así como un escaso grado de infección por hongos micorrízicos en dicho sistema radical.

Al disminuir el porcentaje de saturación de aluminio, aumentan las otras variables, que pueden ayudar a corregir la nutrición de las especies estudiadas con el paso de los años; tal como indica Nwoboshi (1984), que los requerimientos de nutrientes aumentan con la edad.

CONCLUSIONES

- El aumento significativo del pH, MO y las bases del suelo como el Ca, Mg, K y la disminución del porcentaje de saturación de Al, demuestran que estos materiales utilizados para reforestar, ayudan a mejorar la fertilidad del suelo en el tiempo.
- El utilizar especies nativas o exóticas durante los cinco años del estudio, brindan un aporte nutricional similar a los suelos ultisoles. Por lo que, cualquier especie forestal, que aporte un volumen considerable de hojarasca, contribuye al aumento de la materia orgánica por medio de la mineralización, igualmente, contribuye al aumento de la capacidad de intercambio catiónicos del suelo.
- Entre las especies exóticas, la *Tectona grandis* mostró el mejor comportamiento en cuanto al incremento y entre las nativas la *Terminalia amazonia*.

BIBLIOGRAFÍA

- ANAM (Autoridad Nacional del Ambiente Panamá). 2010. Atlas Ambiental de la República de Panamá. ANAM, PA. 190 p.
- Alvarado, A; Boniche, J; Chavarría, M. 2002. Micorrización natural en plantaciones de teca (*Tectona grandis*) en Guanacaste, Pacífico Central/ Sur y Zona Norte de Costa Rica. Informe de consultoría. Centro Investigaciones Agronómicas, Universidad de Costa Rica. San José, CR. 27 p.
- Baligar, VC; Duncan, RR. (eds.). 1990. Crops as enhancers of nutrient use. Academic. San Diego, California. 574 p.
- Bertonatti, C; Corcuera, J. 2000. Situación Ambiental Argentina, Fundación Vida Silvestre Argentina.
- Chaves, E; Fonseca, W. 1991. Teca (*Tectona grandis* L.f.) árbol de uso múltiple en América Central. Turrialba, CR, CATIE. Serie Técnica. 60 p. (Informe Técnico no. 179).
- Delgado, A; Montetro, M; Murillo, O; Castillo, M. 2003. Crecimiento de especies forestales nativas en la Zona Norte de Costa Rica. Agronomía Costarricense 27(1):63-78.

- Espinosa, J; Molina E. 1999. Acidez y encalado de los suelos. INPOFOS. Boletín de Investigación y Educación. 42 p.
- Imaña, EJ; Encinas, BO. 2008. Epidometría Forestal. Brasilia: Universidade de Brasilia, Departamento de Engenharia Florestal Mérida: Universidad de Los Andes, Facultad de Ciencias Forestales. 72 p.
- Jaramillo, S. 1987. Pedones de Campo y Estaciones Experimentales del Instituto de Investigación Agropecuaria de Panamá. IDIAP. Boletín Técnico. 56 p.
- Kadambi, K. 1993. Silvicultura and Management of Teak. Natraj Publishers. New Delhi. 137 p.
- McKay, A. 2000. Climas y biodiversidad: Una nueva clasificación de los climas de Panamá. Revista Cultural Lotería, Año MM, no. 431:47-51.
- Montero, MM; Kanninen, M. 2005. Terminalia Amazonia: Ecología Y Silvicultura. CATIE, 32 p.
- Mollinedo-García, MS. 2003. Relación suelo-planta, factores de sitio y respuesta a la fertilización, en plantaciones jóvenes de teca (*Tectona grandis* L.f.) en la zona oeste, cuenca del canal de Panamá. Tesis Mag. Sc. Turrialba, CR, CATIE. 89 p.
- Name, B; Cordero, A; Bernal, J. 1987. Alternativas para el uso y manejo de suelos ácidos en Panamá. In Compendio de los Resultados de Investigaciones presentadas en Jornada Científica. Instituto de Investigación Agropecuaria de Panamá, Región Central. 23 p.
- Name, BT; Smyth, TJ; Marquez, E. 1991. Dinámica del potasio en ultisoles de Panamá. Ciencia Agropecuaria no. 7:9-23.
- Nwoboshi, LC. 1984. Growth and nutrient requirements in a teak plantation age series in Nigeria. II. Nutrient accumulation and minimum annual requirements. Forest Science 30(1):35-40.
- Salas, R. 1996. El aluminio en la relación suelo planta. In F. Bertsch, W. Badilla y E. Bornemisza (Eds.). Suelos, ¿puede la agricultura sostenible ser competitiva? X Congreso Nacional Agronómico y de Recursos Naturales, III Congreso Nacional de Fitopatología y II Congreso Nacional de Suelos. Volumen III.

Sánchez, PA; Salinas, JA. 1983. Suelos ácidos, estrategias para su manejo con bajos insumos en América Tropical. Sociedad Colombiana de la Ciencia del Suelo (ed.). Bogotá, CO. 93 p.

Wright, MJ; Ferrari, SA. (Eds.). 1976. Plant adaptation to mineral stress in problem soils. Proceedings of a workshop held at the National Agricultural Library. Beltsville, Maryland, November 22-23. 420 p.

Villarreal, J; Name, B. 1996. Técnicas Analíticas del Laboratorio de suelos. IDIAP-Divisa, 110 p.