

Propuesta para el Manejo Nutricional en *Cedrela montana* Moritz ex Turcz

Proposal for Nutritional Management in *Cedrela montana* Moritz ex Turcz

Suárez-Rivero, D.^a; Marín-Mahecha, O.^a; Agudelo-Gutiérrez, L. D.^b; Suárez-Rivero, M.^c

^a Fundación Universitaria Agraria de Colombia - Uniagraria.

^b Jardín Botánico de Bogotá “José Celestino Mutis”.

^c Universidad Nacional Abierta y a Distancia - Unad.

suarez.deivis@uniagraria.edu.co

Fecha de recepción: agosto de 2016 / Fecha de aceptación: noviembre de 2016

Resumen

Los fertilizantes no sintéticos (FNS) presentan un gran potencial para aumentar la competitividad de las plantas forestales en una variedad de sitios de reforestación, que incluyen desde lugares a campo abierto hasta avenidas en grandes ciudades. Sin embargo, normalmente existe un pobre conocimiento sobre ellos. Con el fin de usar los FNS en forma exitosa se deben considerar su formulación y sus efectos sobre variables morfométricas (porcentaje de cobertura, %) y, como medidas adimensionales, el grado de cobertura de copa, el índice de copa, el índice de espacio vital, el monto de copa y el grado de esbeltez, las cuales se determinaron con una frecuencia quincenal, así como el crecimiento, analizado a partir de la acumulación de biomasa (incremento de biomasa en el tiempo - IBT, tasa de crecimiento relativo - TCR y eficiencia energética). Para ello se determinó la biomasa seca en dos momentos, al inicio y al final del período de estudio. Este trabajo sintetiza distintos tipos de FNS (orgánicos, de origen mineral y biológicos) y diversas investigaciones asociadas a su utilización. Se destaca la homogeneidad y lentitud en el crecimiento de las plantas que se encontraron como objeto de estudio. Se pudo apreciar cierta homogeneidad entre los diferentes tratamientos en un mismo momento, pero varía de un momento a otro de la evaluación y las pérdidas de agua en la determinación de la biomasa seca en muchos casos superaron el 50 % de la masa fresca, principalmente en aquellas plantas cuyas hojas se encontraban en estado juvenil. Solo se apreciaron diferencias significativas favorables en las plantas que fueron tratadas con mineralización en ancho de banda uno.

Palabras clave: biomasa, fisiología vegetal, crecimiento, desarrollo, arbolado.

Abstract

Non-synthetic fertilizers (FNS) have a great potential to increase the competitiveness of forest plants for a variety of reforestation sites, from open to avenues in large cities. However, there is an unusual knowledge about them. In order to use the FNS successfully, its formulation and its effects on the morphometric variables (percentage of coverage, %), and how dimensionless measures of the degree of coverage of cup, cup index, life space index, cup amount and degree of slenderness, which are determined with a biweekly frequency and the growth analyzed starting from the accumulation of biomass (biomass increase in time - IBT, rate of relative growth - TCR and energy efficiency) to determine the biomass dry in two moments, at the beginning and at the end of the study period. This work synthesizes types of FNS (organic, mineral and biological origin) and several researches associated with their use, are found as objects of study, once we can see the homogeneity between the different treatments at the same time but varies from one moment to the evaluation of a moment and a water loss in the determination of dry biomass in some cases, 50 % of the fresh mass, mainly in those plants, leaves were in the juvenile state. Only favorable differences have been found in those that were treated with mineralization in bandwidth one.

Keywords: biomass, plant physiology, growth, development, trees.

Introducción

La temperatura, la humedad y la fertilidad son tres factores esenciales del ambiente y del hábitat que determinan el crecimiento de los árboles en los montes. Existen otros factores, pero estos son los principales. Los ingenieros forestales, tradicionalmente han considerado que todos estos factores solo están sujetos, en el mejor de los casos, a un control muy débil y principalmente indirecto. La naturaleza y magnitud de su influencia, por supuesto, han sido reconocidos desde hace mucho tiempo como controlables hasta cierto grado mediante manipulaciones silvícolas capaces de modificar la densidad, la estructura o la composición de las masas (Schenck, 1966).

Recientemente, las relaciones suelo-agua-planta se contemplan de un modo mucho más dinámico, como un sistema más unificado en el que todos los procesos son interdependientes, y denominado el continuo suelo-planta-atmósfera. En este continuo, la disponibilidad de agua en el suelo no solo es función de este sino del conjunto suelo-planta-clima (Cadahia, 1998).

Al respecto, Honorato (2000) señala que cuando la fertilidad del suelo es una limitante se debe recurrir a la fertilización. La disponibilidad de nutrientes permitirá un rápido desarrollo radicular, dando ventajas a las plantas que pueden manifestarse a lo largo de toda una rotación.

Entender la interrelación y la problemática entre desarrollo y medio ambiente, al

parecer de Sánchez (1996), implica entender el concepto de desarrollo sostenible, nuevo en el contexto mundial, que surge como una necesidad de enmarcar una nueva forma de entender y mirar el desarrollo, concepto que expresa una confrontación política. En 1980, la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (Uicn) presenta un concepto de desarrollo sostenible fundamentado en la necesidad de la conservación de lo natural, sin proponer la revisión del estilo de desarrollo dominante.

El presente documento busca conocer el efecto de FNS sobre una población de *Cedrela montana* Moritz ex Turcz situada en la malla vial de Bogotá D.C., específicamente en una vía de alto flujo vehicular perteneciente a una región húmeda. Para tal caso, se analizó el efecto de la fertilización sobre variables morfométricas con frecuencia quincenal: porcentaje de cobertura (%), grado de cobertura de copa (adimensional), índice de copa (adimensional), índice de espacio vital (adimensional), monto de copa (adimensional), grado de esbeltez (adimensional); así mismo, se analizó el crecimiento desde la acumulación de biomasa (incremento de biomasa en el tiempo - IBT, tasa de crecimiento relativo - TCR y eficiencia energética) en dos momentos, al inicio y al final del período de estudio.

Metodología

Material vegetal. La especie vegetal evaluada fue la *Cedrela montana* Moritz ex Turcz, objeto de interés del Jardín Botánico

de Bogotá “José Celestino Mutis”. Se trabajó con una muestra de 36 árboles en estado juvenil.

Ubicación. Las plantas evaluadas se encontraban situadas sobre la malla vial del Distrito Capital, específicamente en la avenida Boyacá entre las calles 163 y 170, entre las coordenadas Lat. 4°47'47,55"N y Lon. 74°3'53,67"O y Lat. 4°45'37,41"N y Lon. 74°03'58,13"O (ver la figura 2). Es de destacar que la zona es clasificada como zona húmeda.

Diseño experimental. Se empleó un diseño 1x3x3, donde uno (1) es el separador vial seleccionado para el estudio, tres (3) las plantas y tres (3) las dosis, concentraciones o anchos de bandas utilizados, según el tratamiento y la distribución espacial propuestos en la figura 1.

Tratamientos

T_1, \dots, T_9 . Testigo (por la disposición de los árboles a lo largo de un corredor vial, se triplica el número de plantas en esta categoría para disminuir errores experimentales, siendo nueve el número de plantas en esta categoría).

MO_1, MO_2 y MO_3 . Sustrato con materia orgánica (tres dosis: 3, 7 y 10 libras por planta; este se deja madurar con el empleo de melaza por 7 días y se realizan tres réplicas por cada dosis).

B_1, B_2 y B_3 . Biol (en tres concentraciones: 40, 50 y 60 ppm y tres réplicas por cada una).

M_1, M_2 y M_3 . Mineralización (a tres anchos de bandas, determinando el ancho a partir del valor promedio del diámetro nodal de los árboles a tratar y con tres repeticiones cada uno).

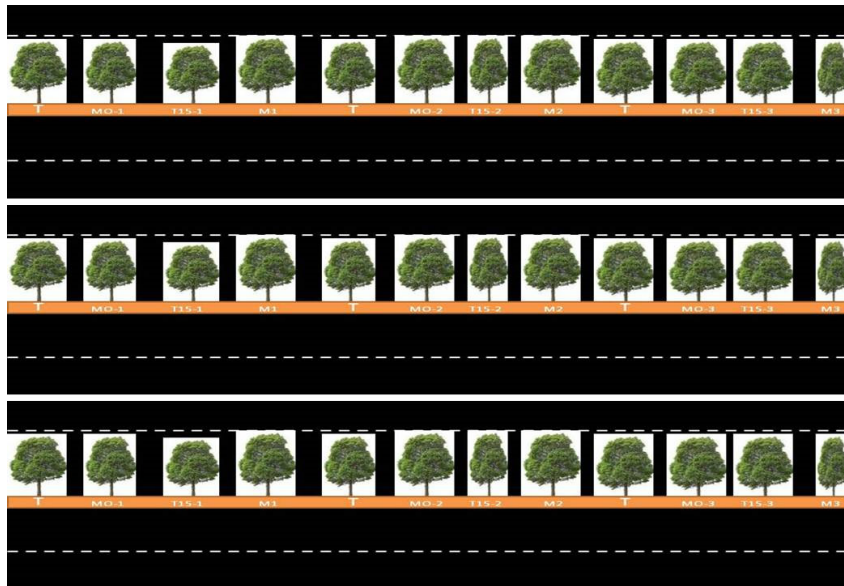


Figura 1. Distribución espacial en el corredor vial

VARIABLES ANALIZADAS

VARIABLES MORFOMÉTRICAS. Por la compleja morfología que presentan las plantas de *Cedrela*, se empleó la metodología propuesta por Arias (2005), que incluye parámetros

tales como porcentaje de cobertura (% COB), grado de cobertura de copa (GCC), índice de copa (IC), forma de copa (FC), índice de espacio vital (IEV), monto de copa (MC) y grado de esbeltez (GE), cuyas ecuaciones se incluyen en la tabla 1.

Tabla 1. Formulación de las variables morfológicas utilizadas en los ensayos.

VARIABLE DE MEDICIÓN	RELACIÓN MORFOMÉTRICA
(Largo de copa (m) / Altura total (m)) * 100	Porcentaje de cobertura (%)
Largo de copa (m) / Altura total (m)	Grado de cobertura de copa (adimensional)
Largo de copa (m) / Diámetro de copa (m)	Índice de copa (adimensional)
Diámetro de copa (m) / Largo de copa (m)	Forma de copa (adimensional) (FC)
Diámetro de copa (m) / Diámetro nodal (m)	Índice de espacio vital (adimensional) (IEV)
Diámetro de copa (m) / Altura total (m)	Monto de copa (adimensional)
Altura total (m) / Diámetro nodal (m)	Grado de esbeltez (adimensional) (GE)

Fuente: (Arias, 2005).

VARIABLES DE CRECIMIENTO. Teniendo en cuenta que las hojas de cedro son compuestas de primer orden y que su tamaño dificulta la realización de algunas pruebas fisiológicas, se determinaron los siguientes indicadores del crecimiento, citados por Vázquez y Torres (2006) en su texto “Fisiología Vegetal”:

Incremento de biomasa en el tiempo (IBT). Representa la eficiencia en la producción de biomasa seca por unidad de superficie y está dada por el cociente entre ΔW y el producto de A por Δt , donde ΔW es la variación de biomasa seca, A el espacio vital de cada planta y Δt el espacio de tiempo transcurrido entre dos tomas de datos

sucesivas correspondientes a un periodo de 120 días.

Tasa de crecimiento relativa (TCR). Da la medida de biomasa que se incrementa a partir de la ya existente y establece la relación entre dos veces ΔW y el producto de ΣW y Δt (120 días).

Eficiencia energética (EE). Indica cuán eficiente es una planta en el uso de la radiación solar. Se expresa porcentualmente y establece la relación entre TCR y la radiación total (este último valor se tomó de reportes del Ideam).

Momentos de Evaluación. Por las características de crecimiento que presentan estas plantas (crecimiento lento) se realizaron mediciones en seis (6) momentos, con frecuencia quincenales. El momento uno (1) coincide con la caracterización no solo según las variables en esta metodología (descritas en la tabla 1), sino que incluye aspectos de carácter cualitativos como son:

- » Estado fitosanitario del árbol (bueno, regular, malo y muerto; adicionando posible agente causal).
- » Estado fisiológico del árbol (respecto al follaje: 0 %, 50 % y 100 %).
- » Otros aspectos detectados en el terreno que sean relevantes, como puede ser la coloración de las hojas, la cual puede variar de verde intenso a amarillento y rojizo.

Análisis de Datos

Todos los datos registrados se incorporaron en una matriz en Microsoft Excel. Para su análisis y comparación se empleó un Anova simple, por trabajar con plantas que poseen un comportamiento diferencial, según condiciones microclimáticas, y por existir diferencias significativas entre las medias se realizó una prueba de rangos múltiples.

Resultados

Variables morfométricas. La descripción de la arquitectura del árbol a través de diferentes variables que caracterizan la copa (ver tabla 2) ofrece la posibilidad de caracterizar los rodales para el manejo cultural que se debe realizar a los mismos. Su estructura constituye un índice indirecto del funcionamiento de los mismos y del ecosistema, ya sea natural o, como es en este caso, intervenido por el hombre.

VAR.	MOMENTO 1										MOMENTO 4									
	T	M1	M2	M3	B1	B2	B3	MO1	MO2	MO3	T	M1	M2	M3	B1	B2	B3	MO1	MO2	MO3
% COB.	14,73	41,4	31,41	9,28	22,49	41,92	22,43	9,11	24,69	31,99	19,46	34,06	35,96	9,96	22,38	24,49	30,37	8,42	40,2	32,39
GCC	0,15	0,41	0,31	0,09	0,22	0,42	0,22	0,09	0,25	0,32	0,19	0,34	0,36	0,1	0,22	0,24	0,3	0,08	0,4	0,32
IC	0,45	3	0,42	0,13	0,38	0,76	0,29	0,12	1,13	0,45	0,48	0,76	0,55	2,88	0,36	0,33	0,42	0,17	0,57	0,42
FC	7,3	0,8	3,4	8,7	4,4	2	3,5	10	3,2	3,1	6,36	2,41	2,8	4,58	3,36	4,02	2,97	6,27	1,83	2,84
IEV	21,14	11,04	24,84	22,75	20,68	20,76	24,81	31,33	17,31	26	19,95	18,69	20,52	16,75	20,18	11,33	23,97	18,41	20,42	23,01
MC	0,65	0,37	0,75	0,7	0,57	0,56	0,79	0,86	0,47	0,72	0,63	0,53	0,68	0,51	0,58	0,65	0,78	0,49	0,7	0,75
GE	33,29	35,86	33,2	32,5	37,65	37,2	31,59	36,79	35,62	35,67	31,63	37,51	30,68	31,99	35,05	21,06	30,86	37,38	28,98	30,92
VAR.	MOMENTO 2										MOMENTO 5									
	T	M1	M2	M3	B1	B2	B3	MO1	MO2	MO3	T	M1	M2	M3	B1	B2	B3	MO1	MO2	MO3
% COB.	14,51	41,81	35,79	29,87	22,18	42,75	25,37	7,7	37,72	29,85	21,85	36,88	41,38	14,15	25,76	26,47	32,06	11,52	24,79	37,62
GCC	0,15	0,42	0,36	0,3	0,22	0,43	0,25	0,08	0,38	0,3	0,22	0,37	0,41	0,14	0,26	0,26	0,32	0,12	0,25	0,38
IC	0,24	0,97	0,61	0,45	1,08	0,72	0,58	0,13	0,54	0,38	0,47	0,79	0,62	0,69	0,38	0,34	0,44	0,19	0,32	0,46
FC	6,57	1,22	2,19	5,67	2,32	2,16	2,19	7,56	2,16	3,62	5,19	2,29	1,95	3,53	3,12	3,65	2,87	6,04	6,06	2,36
IEV	18,47	15,97	19,63	22,59	17,79	21,71	16,24	22,61	22,48	26,84	20,13	15,09	15,96	14,43	17,77	17,82	16,79	21,02	21,4	24,04
MC	0,68	0,48	0,6	0,72	0,52	0,61	0,52	0,58	0,77	0,78	0,65	0,55	0,68	0,54	0,63	0,69	0,79	0,59	0,76	0,8
GE	28,42	36,9	32,83	31,58	34,72	35,47	31,66	38,8	31,43	34,43	32,39	28,77	23,88	26,47	29,32	27,1	19,25	35,55	28,5	30,27
VAR.	MOMENTO 3										MOMENTO 6									
	T	M1	M2	M3	B1	B2	B3	MO1	MO2	MO3	T	M1	M2	M3	B1	B2	B3	MO1	MO2	MO3
% COB.	20,83	32,96	36,31	27,95	37,92	29,64	24,92	7,34	38,41	32,38	22,49	38,56	42,77	16,25	27,08	25,7	31,54	12,08	25,87	39,66
GCC	0,2	0,33	0,36	0,28	0,38	0,3	0,25	0,07	0,38	0,32	0,22	0,39	0,43	0,16	0,27	0,26	0,32	0,12	0,26	0,40
IC	0,36	1,06	0,54	0,45	4,94	0,39	0,35	0,27	0,75	0,43	0,47	0,78	0,65	0,85	0,90	0,74	0,54	0,20	0,32	0,49
FC	4,23	2,25	2,74	4,52	2	3,83	3,03	4,04	1,4	3,33	5,12	2,39	1,82	3,19	1,18	2,18	2,75	5,46	4,70	2,28
IEV	19,85	15,53	20,8	22,67	18,48	20,97	22,53	12,44	17,19	25,87	19,3	15,19	15,4	13,23	9,68	10,39	15,25	19,13	21,28	21,82
MC	0,61	0,46	0,72	0,7	0,53	0,7	0,72	0,31	0,52	0,79	0,68	0,58	0,67	0,54	0,36	0,40	0,71	0,60	0,77	0,80
GE	31,91	37,54	29,67	32,64	35,45	31,18	31,42	38,9	31,08	32,49	29,85	26,96	23,2	24,32	26,33	26,17	18,09	31,53	27,73	27,51

Tabla 2. Descripción morfométrica del cedro por momentos de evaluación.

Al observar la Tabla 2, se hace evidente que el factor más irregular es la forma de copa, solo mostrándose algo estable dentro del tratamiento en el que únicamente se empleó el Biol. Factores como GCC, IC y el MC resultaron más estables en el tiempo. Aunque es de destacar que cuando los valores de IC, según Arias (2005), oscilan entre 0,3 y 1,6, se puede afirmar que las condiciones son óptimas para el desarrollo de la especie, y solo se salieron de este rango las plantas que se encontraban en el tratamiento MO1.

Por otra parte, el PC manifiesta una irregularidad permanente en el tiempo entre los tratamientos, aunque es un patrón que se mantuvo estable si se compara cada tratamiento con su segundo momento de evaluación. En los casos de IEV y GE no se manifestaron tan evidentes variaciones como las presentadas en el PC, es decir, que hay cierta homogeneidad entre los diferentes tratamientos en un mismo momento de evaluación, aspecto que varía, aunque en un estrecho margen, de un momento al otro. Esto puede darse por la amplitud de distancias presentes entre planta y planta y entre estas y los bordes de las avenidas.

Cabe señalar que estos valores se pueden ver influenciados por tratarse de especies de árboles que, aunque estén en estado juvenil, son caducifolios, es decir, que en algunas épocas del año y bajo ciertas condiciones climáticas desprenden sus hojas.

En este aparte se debe acotar que el tamaño de las hojas afecta la proporción en la que la energía que llega a la vegetación es absorbida, reflejada, transmitida, reirradiada y disipada por transpiración. También afecta el factor de sombra; la proporción entre ramas y hojas de un árbol caducifolio con hojas pequeñas, será mayor que la de uno con hojas grandes; por lo tanto, en invierno la obstrucción solar también será mayor. En fin, con estos indicadores, según Arias (2005), se ofrece la posibilidad de caracterizar los rodales para la toma de decisiones relacionada con el manejo silvicultural más adecuado o para fines investigativos.

Pocos estudios contemplan mediciones detalladas de parámetros de copa, posiblemente por razones del tiempo requerido para la medición (Durlo y Denardi, 1998; Durlo, 2001; Durlo et al., 2004; Arias, 2005). Durlo y Denardi (1998) señalan que la morfometría de un árbol a través de las variables de copa brinda una idea de las relaciones interdimensionales como el espacio vertical ocupado por cada árbol, el grado de competencia, la estabilidad, la vitalidad y la productividad de cada individuo.

Variables de crecimiento

La demanda nutrimental de un cultivo está en función de la producción de biomasa y la distribución de la materia seca entre los diferentes órganos de la planta, lo cual juega un papel fundamental en la producción (Peil y Gálvez, 2005). De acuerdo con Landis (1989), existe una relación característica entre la concentración de un ion nutriente en el tejido de la planta y su crecimiento. Rincón et al. (1995) señalaron que la concentración de estos elementos en las plantas obedece a diversos factores, entre los que se pueden mencionar las condiciones del medio donde se desarrolla la planta, la época del año y la tecnología de producción; incluso, existen variaciones de una especie a otra. A pesar de los estudios realizados para optimizar la fertilización en chile habanero, existen pocos trabajos que determinen la acumulación de nitrógeno en los diferentes órganos de la planta (Martínez et al., 2006). La mayoría de los trabajos de nutrición se han enfocado a la aplicación y manejo de fertilizantes, la interacción entre el riego y los abonos orgánicos y los efectos de los abonos orgánicos sobre el rendimiento (Dzib y Uribe, 2006). Como base para el análisis del crecimiento, tomando como punto de partida la biomasa seca, se realizó la determinación de masa fresca y seca en el inicio del proceso, así como la variación de peso (ver tabla 3).

Tabla 3. Determinación de biomasa en cedro.

TRATAMIENTO	MOMENTO 1		MOMENTO 2		ΔW	IBT	TCR	EE	EE TRANSF. (x 0,00001)
	MF	MS	MF	MS					
TESTIGO	46,55	20,72	45,11	19,778	0,94	0,002	0,00039	1,17641E-06	0,012
M1	37,17	16,79	34,33	11,333	5,46	0,011	0,00323	9,79931E-06	0,098
M2	49,53	21,17	34	14	7,17	0,015	0,0034	1,03001E-05	0,103
M3	63,30	31,24	47	20	11,24	0,023	0,00366	1,10813E-05	0,111
B1	59,70	29,25	56,67	28,333	0,91	0,002	0,00026	8,01111E-07	0,008
B2	51,34	22,36	35,33	13	9,36	0,020	0,00441	1,33725E-05	0,134
B3	45,12	20,07	57,33	24,333	4,27	0,009	0,0016	4,85334E-06	0,049
MO1	51,28	21,76	48	20,333	1,42	0,003	0,00056	1,7079E-06	0,017
MO2	42,59	17,80	34,33	15,667	2,13	0,004	0,00106	3,21474E-06	0,032
MO3	84,07	41,02	54	24	17,02	0,035	0,00436	1,32224E-05	0,132

Un análisis detenido de la tabla 3 permite observar que hay una reducción del peso de casi un 50 % en las plantas tratadas con MO, lo que puede estar influenciado, al parecer, por plantas que presentan hojas jóvenes dentro del tratamiento y, por ende, un mayor volumen de agua en su protoplasto y apoplasto.

Como queda evidenciado en la Figura 2, de los tres indicadores de crecimiento evaluados sólo se mostró algún tipo de diferencias significativas en el indicador IBT, y el tratamiento M1 fue el que logró los mejores resultados, aunque solo difirió

significativamente de los tratamientos B3 y MO3. Estos resultados se ven sensiblemente afectados por la corta duración del período de evaluación y por las condiciones genotípicas de esta especie, específicamente por ser caducifolias desprogramadas (bajo cambios mínimos en el clima desprenden sus hojas).

En este sentido, Caro (2002) encontró que la aplicación foliar de un extracto derivado del vermicompost de estiércol vacuno incrementó algunos indicadores de crecimiento y producción en el cultivo de maíz, estando muy relacionado con un ligero incremento del área foliar.

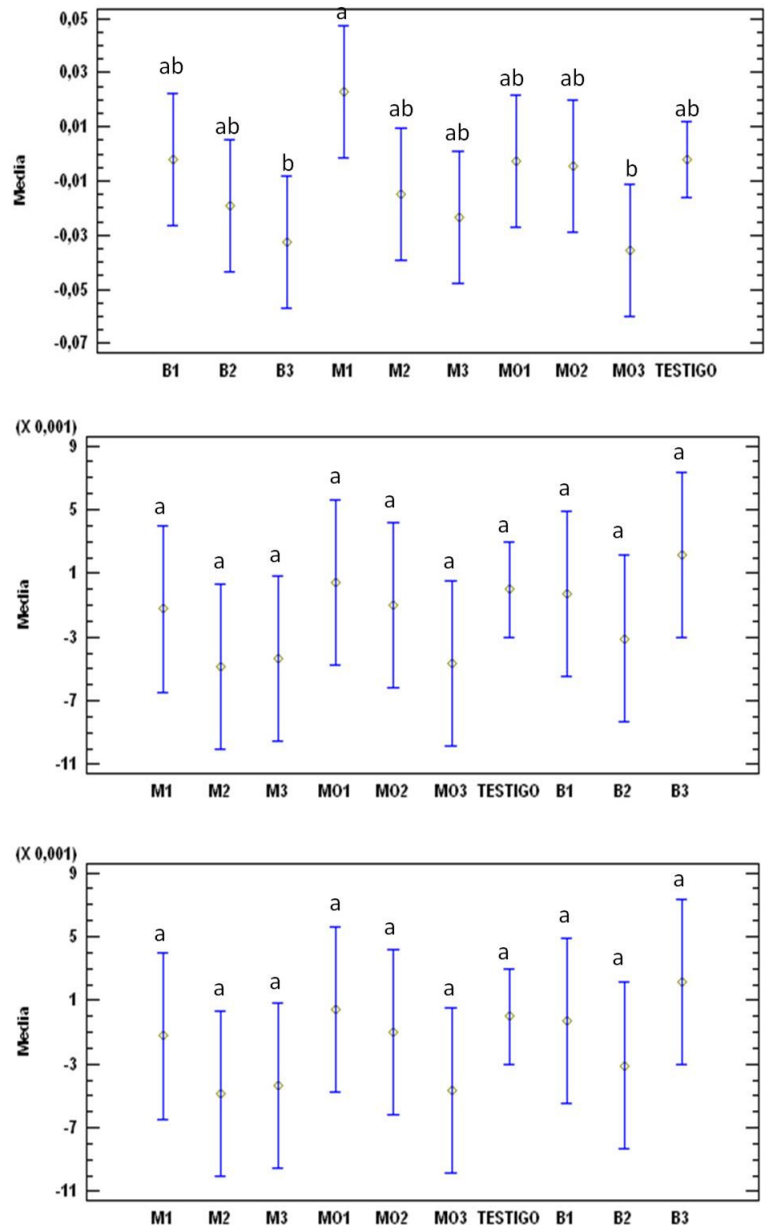


Figura 2. Variables fisiológicas calculadas a partir de la biomasa (A: IBT, B: TCR, C: EE)

Nota: Para determinar los niveles de significancia se empleó la prueba de rangos múltiples que se basa en las diferencias mínimas significativas (LSD) de Fisher, con un $p=0,05$.

En estudios realizados con otros cultivos, como la soya, Huelva (2002) constató aumentos en cuanto a masa foliar fresca y seca, indicando que la composición del producto por sus concentraciones parciales logra estimular la concentración de masa, lo que podría estar relacionado con el aumento de la composición de pigmentos fotosintéticos, que a su vez haría que existiera una mayor eficiencia en el proceso fotosintético y, por ende, en la fijación de CO₂, de modo que se producirían fotosintatos que mejorarían la conversión metabólica de estos en otras estructuras, como aminoácidos y proteínas y así, en el balance general del carbono en la planta. Además, en algunos cultivos, como el tomate, se observan incrementos en los indicadores de crecimiento y producción (Arteaga, 2003), una mejor asimilación de macronutrientes y micronutrientes cuando este es cultivado en campo (Vivas et al., 1997; Ramos, 2000).

Conclusiones

Para la arquitectura del árbol se evidenció que las plantas no mostraron mayor variación con respecto a las plantas testigo, lo que se puede deber principalmente al corto período de evaluación, aunque es de señalar que en aquellas que fueron tratadas con mineralización (fertilizante de liberación lenta) se estimuló la emisión de brotes terminales y aparición de nuevas hojas.

Para los indicadores de crecimiento evaluados se pudo observar que las plantas que mejor respuesta presentaron fueron aquellas sometidas a mineralización con el ancho de banda uno (M₁).

Referencias Bibliográficas

- Alvarado, L. & Barreto R. (2005). Minerales naturales utilizados en Colombia como fuentes en fertilizantes o enmiendas de suelo. Brasil: Cytel.
- Arias, D. (2005). Morfometría del árbol en plantaciones forestales tropicales. *Revista Forestal Kurú*. 2(5), 2-11.
- Arteaga, M. (2003). *Resultados de la aplicación del Liplant sobre un suelo ferralítico rojo al evaluar algunos indicadores biológicos y productivos de tres cultivos* (Tesis de maestría). La Habana: Unah.
- Ayuso, M., Hernández, T. & García, C. (1996). Stimulation of barley growth and nutrient absorption by humic substances originating from various organic materials. *Bioresources Technology*. 57, 251-257
- Benítez, J. & Friedrich, T. (2009). Manual de prácticas integradas de manejo y conservación de suelos. *Boletín de Tierras y Aguas*. FAO.
- Biblioteca del campo. (2002). *Manual agropecuario*. Bogotá, Colombia: Editorial Limerin S. A. pp. 29, 30, 527, 528, 541, 542.
- Borja, C. & Lasso, S. (1990). Plantas nativas para la reforestación en el Ecuador. Quito, Ecuador: Fundación Natura (Edunat III) - AID. 20 pp.
- Butler, J. H. A. & Ladd, J. N. (1969). Effect of extractant and molecular size on the

optical and chemical properties of soil humic acids. *Australian Journal of Soil Research*. 7, 263-268.

Cadahia, C. (1998). *Fertirrigación en cultivos hortícolas y ornamentales*. Madrid, España: Ediciones Mundi-Prensa.

Cadena, L. (2007). *Evaluación del crecimiento en plantación con y sin asocio agrícola de cuatro procedencias de (Cedrela montana Morits ex Trucz), en el Colegio Agroforestal Fernando Chávez Reyes – Quinchuquí*. (Tesis de ingeniero forestal). Ibarra, Ecuador: Facultad de Ingeniería en Ciencias Agropecuarias y Ambientales, Escuela de Ingeniería Forestal. 50 pp.

Camacho, J. (2002). *Mapa de recursos minerales de Colombia. Minerales industriales*. Ingeominas.

Caro, I. (2004). *Caracterización de algunos parámetros químico-físico del humus líquido obtenido a partir de vermicompost de estiércol vacuno y su evaluación sobre algunos indicadores biológicos y productivos de dos cultivos* (Tesis de maestría). La Habana: Unah.

Cervantes F. M. (2009). *Abonos orgánicos*. Centro de Formación Profesional Agraria E.F.A. Campomar. Disponible en: http://www.infoagro.com/abonos/abonos_organicos.htm

Chen, Y. & Aviad, T. (1990). Effects of humic substances on plant growth. In: MacCarthy, P., Clapp, C. E., Malcolm, R. L. & Bloom, P. R. (Ed), *Humic*

substances in soil and crop sciences: Selected readings. 161-186.

Chen, Y., Senesi, N. & Schnitzer, M. (1977). Information provided on humicsubstances by E₄/E₆ ration. *Soil Science Society of America Journal*. Madison, 41, 352-358.

Clapp, C. E., Chen, Y., Hayes, M. H. B. & Cheng, H. H. (2001). Plant growth promoting activity of humic substances. In: Swift, R. S. & Sparks, K. M. (Ed), *Understanding and managing organic matter in soils, sediments and waters*. Madison, WI: Ihss, 243.

Cleland, R. E. (1995). Auxin and cell elongation. In: Davies, P. J., Kluwer, Dordrecht (Ed), *Plant hormones and their role in the plant growth development*. Netherlands, 214-227.

Csicsor, J., Gerce, J. & Titkos, A. (1994). The bioestimulant effect of different humic substance fractions on seed germination. In: Senesi, N. & Miano, T. M. (Ed), *Humic substances in the global environment and implications on human health*. Ensolvier, Amsterdam, 557-562.

Dell'agnola, G., Ferrari, G. & Nardi, S. (1981). Antidote action of humic substances on atrazine inhibition of sulphate uptake in barley roots. *Pesticide Biochemistry and Physiology* 15, 101-104.

Durlo, A. M., Jaques, S. F. & Denardi. (2004). Modelagem da copa de *Cebrela fissilis* Velloso. *Revista de Ciencia Forestal*, 2(14), 79-89.

- Durlo, A. M. (2001). Relaciones morfométricas para *Cabrela canjerana* (Well.) Mart. *Revista de Ciencia Forestal*, 11(1), 141-149.
- Durlo, A. M. & Denardi. (1998). Morfometría de *Cabrela canjerana* (Well.) Mart. Em mata secundaria nativa do Rió Grande do Sul. *Revista de Ciencia Forestal*, 1(8), 55-66.
- Dzib, E. R. & Uribe, V. G. (2006). Fuentes de fertilizantes y su respuesta en el rendimiento y calidad del chile habanero. *Memoria de la Primera Convención Mundial del Chile*. 230 p.
- Enkerlin, E., Cano, G., Garza, R. & Vogel, E. (1997). Ciencia ambiental y desarrollo sostenible. International Thomson, Pp. 690.
- FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations). (2007). Utilización de las rocas fosfóricas para una agricultura sostenible. ISBN 9789253050307. Job Number Y5053/S. Número en series, 13 Boletines FAO.
- Frias, I., Caldeira, M. T., Pérez, C. J. R., Navarro, A. J. P., Culianez, M. F. A., Kuppinger, O., Stransky, H., Pages, M., Hager, A. & Serrano, R. (1996). A major isoform of the maize plasma membrane H⁺-ATPase: Characterization and induction by auxin in coleoptiles. *Plant Cell* (8), 1533-1544.
- Fujitake, N. & Yanagi, (2003). Relation between biostability and chemical properties of soil humic substances. *Goldschmidt Conference Abstracts*. Disponible en: <https://www.researchgate.net/publication/241495502>
- Garcés, N.; Marbot, R.; García, L.; Díaz M. M. & Sánchez-Andreu, J. (2003). Sustancias con actividad biológica sobre las plantas en el producto Liplant (humus líquido). *Resúmenes V Encuentro de la Agricultura Orgánica de la Actaf*. La Habana, Cuba. 71 p.
- García-Mina, J. M. (2000). The influence of certain basic physical and chemical properties of different humic system-metal complexes on the development and mineral nutrition of plants cultivated in alkaline and lime soils. II Conditions of maximum conformational affinity. *Proceedings at 10th International Meeting of the International Humic Substances Society (IHSS 10)*, Toulouse, France, (2).
- Gómez, M. (2004). *Estudio de bionematicidas y biofertilizantes solos y combinados en el manejo de Radopholus similis en banano (Musa AAA) en la provincia de Cañar* (Tesis de grado). Guayaquil, Ecuador: Universidad Agraria del Ecuador, 23 p.
- Hammond, L. & Day, D. P. (1992). Phosphate rock standardization and product quality. In: Bachik, A. T. & Bidin, A. (Ed). *Proceeding of a workshop on phosphate source for acid soils in the humidic tropic of Asia*. Kuala Lumpur, Malaysian, 73 - 89.

- Honorato, R. (2000). *Manual de edafología*. Chile: Pontificia Universidad Católica de Chile.
- Hsiao, C. T. & Breatford, J. K. (1983). *Physiological consequences of cellular water deficits. Limitation to efficient water use in crop production*. Londres. 265 p.
- Huelva, R., Ruiz, E., Garcés, N., Ramos, A. & León, P. (2002). Evaluación de la bioactividad del humus líquido obtenido a partir de vermicompost en el cultivo de la soya (*Glycine max*; var: INCASOY-24). *Primer Encuentro Provincial de Agricultura Orgánica, Actaf. Resúmenes*. La Habana: Inca. 111 p.
- Ibáñez, J. (2009). Artículo principal. Abonos. Recuperado de <http://weblogs.madrimasd.org/universo/archive/2007/04/10/63196.aspx>
- ICA (Instituto Colombiano Agropecuario). (2007). Comercialización de fertilizantes y acondicionadores de suelo. *Producción, ventas, importación y exportación. Boletín Técnico*. Internacional Thomson Editores.
- Kononova, M. (1982). *Materia orgánica del suelo: su naturaleza, propiedades y métodos de investigación*. Barcelona: Oikos-iau, 36 p.
- Landis, T. D. (1989). Mineral nutrients and fertilization. In: Landis, T. D., Tinus, R. W., McDonald, S. E. & Barnett, J. P. *The Container Tree Nursery Manual*, 4. *Agric. Handbbk-674*. Washington, D C: U.S. Department of Agriculture, Forest Service: 1-67.
- Mackowiak, C. L., Grossl, P. R. & Bugbee, B. G. (2001). Beneficial effects of humic acid on micronutrient availability to wheat. *Soil Science Society of American Journal* (65), 1744-1750.
- Martínez-Estévez, M., Ruiz-Lau, N., May-Uluac, R. E., Guzmán, A., Quintal-Tun, F. & Pacheco-Arjona, R. (2006). Dynamics and distribution of nutrients during the development of plantlets of habanero pepper. *HortScience*. 41(2): 477-479.
- Mosquera, M. F. (2009). *Abonos orgánicos y bioles*. Entrevista, Administrador hacienda Florida, vía Naranjal-Santa Rosa de Flandes.
- Muscolo, A. & Nardi, S. (1999). Effetti di due frazioni umiche sul metabolismo azotato di cellule di *Daucus carota*. En: *Le ricerche di base e le applicazioni delle sostanze umiche alle soglie del 2000*. Alghero, Italy: IV Convengo Nazionale dell'IHSS, 26-28 Maggio, 103-106.
- Nardi, S., Pizzeghello, D., Muscolo, A. & Vianello, A. (2002). Physiological effects of humic substances on higher plants. *Soil Biology & Biochemistry*, 34, 1527-1536.
- Nardi, S., Concheri, G. & Dell'Agnola, G. (1996). Biological activity of humus. In: Piccolo, A. (Ed), *Humic substances in terrestrial ecosystems*. Enslevier, Amsterdam, 361-406.

- Nardi, S., Pizzeghello, C., Ferrarese, L., Trainotti, L. & Casadoro, G. (2000). A low molecular weight humic fraction on nitrate uptake and protein synthesis in maize seedlings. *Soil Biology & Biochemistry*, 32 (3), 415-419.
- Nardi, S., Pizzeghello, D., Bragazza, L. & Gerdol, R. (2003). Low-molecular-weight organic acids and hormone-like activity of dissolved organic matter in two forest soils in N Italy. *Journal of Chemical Ecology*, 9(7), 1549-1564.
- Nigoul, M. (2009). *Función de la materia orgánica en el suelo*. Recuperado de <http://www.manualdelombricultura.com/foro/mensajes/11880.html>
- Okorokova-Façanha, N. A. & Rocha, F. A. (s.f.) Humic acids isolated from earthworm compost enhance root elongation, lateral root emergence, and plasma membrane H⁺- ATPase activity in maize roots. *Plant Physiology*, 130, 1951-1957.
- Peil, R. M. & Gálvez, J. L. (2005). Reparto de materia seca como factor determinante de la producción de las hortalizas de fruto cultivadas en invernadero. *Agrociencia*, 11 (1), 5-11.
- Pizzeghello, D., Sessi, E., Muscolo, A., Albuzio, A & Nardi, S. (2000). High and low apparent molecular size humic substances affecting plant metabolism. *Proceedings at 10th International Meeting of the International Humic Substances Society (Ihss 10)*, 24-28 July 2000. Toulouse, France.
- Quaggiotti, S., Ruperti, B., Pizzaghello, D., Francioso, O., Tugnoli, V. & Nardi, S. (2004). Effect of low molecular size humic substances on nitrate uptake and expression of genes involved in nitrate transport in maize (*Zea mays* L.). *Journal of Experimental Botany*, 55(398), 803-813.
- Ramos, R. R. (2000). *Aplicación de sustancias húmicas como productos de acción bioestimulantes. Efectos frente al estrés salino* (Tesis de doctorado). Valencia, España.
- Rincón, L., Sáez, J., Balsalobre, E. & Pellicer, C. (1994). Crecimiento y absorción de nutrientes del pimiento grueso en cultivo bajo invernadero. *Invest. Agr. Prod. Prot. Veg.* 10(1): 47-58.
- Salisbury, F. B. & Ross C. F. (1994). *Plant physiology*. Belmont, California: Wadsworth Pub. Comp. Inc.
- Sánchez, J. M. (1996). Instrumentos económicos de protección ambiental. *Planeación y Desarrollo*, 27(2), abril-junio 1996.
- Santos, G. A. & Camargo, F. A. (1999). Fundamentos da matéria orgânica do solo: ecossistemas tropicais e subtropicais. Porto Alegre: Gênese, FAO. p.9-26.
- Schenck, C. A. (1966). Necesidad de fertilizantes en la producción maderera. *Depósito de documentos de la FAO*. Recuperado de <http://www.fao.org/docrep/44279s/44279s09.htm>

- Stevenson, F. J. (1994). *Humus chemistry. Genesis, composition, reactions*. New York: John Wiley & Sons, Inc.
- Taíz, L. & Zeigler, R. (2003). *Plant physiology*. California: Ed. Sinauer Associates Inc.
- Upme. (2005). *Análisis de la estructura productiva y mercados de la roca fosfórica*. (Informe final, contrato 1571-08-2005).
- Vaughan, D. (1986). Effetto delle sostanze umiche sui processi metabolici delle piante. In: Burns, R. G., Dell'Agnola, G., Miele, S., Nardi, S., Savaini, G., Schitzer, M., Sequi, P., Vaughan, D. & Visser, S. A. (Ed), *Sostanze Umiche Effetti sul terreno e sulle piante*, Roma: Ramo Editoriale degli Agricoltori, pp 59-81.
- Vaughan, D. & Malcolm, R. E. (1985). Influence of humic substances on growth and physiological processes. In: Vaughan, D. & Malcolm, R. E. (Ed), *Soil organic matter and biological activity*. Martinus Nijhoff Pub, Dordrecht, 37-76.
- Veliz, L. C. (2009). *Abonos orgánicos líquidos*. Entrevista, Asesor técnico hacienda Yahumin, km 90 vía Costa.