

Efecto de la fertilización con calfos, malezas acuáticas y gallinaza en la adaptación de seis especies pioneras para revetalización de zonas erosionadas del municipio de Bojacá, Cundinamarca

PARTE I: Análisis de crecimiento con información primaria

Jaime A. Pedroza-Manrique

jpedroza@udistrital.edu.co

William Donado-Novoa

RESUMEN

La utilización del calfos, maleza acuática y gallinaza, al momento del establecimiento, *Baccharis bogotensis*, *Dodonea viscosa*, *Lantana camara*, *Baccharis latifolia*, *Myrica parvifolia* y *Hesperomeles goudotiana*, en la vereda Cubia del municipio de Bojacá, Cundinamarca, muestra, a través del análisis de crecimiento con información primaria, que la fertilización con gallinaza es el mejor tratamiento en la adaptación de la mayoría de las especies evaluadas. *B. bogotensis* fue la especie que mejor se adaptó a la zona de estudio, superando, hasta cuatro veces, a las demás especies en los incrementos en biomasa y área foliar. *M. parvifolia* fue la especie que mostró los más bajos incrementos en biomasa y área foliar, en los tres tratamientos. *H. goudotiana* no respondió a los tratamientos analizados, indicando así su nula adaptación a las condiciones de la zona de estudio.

Palabras claves:

Revegetalización, Análisis de crecimiento, Fertilización orgánica.



ABSTRACT

The use of iron slag, aquatic weeds and hen droppings, at the time of the establishment of *Baccharis bogotensis*, *Dodonea viscosa*, *Lantana camara*, *Baccharis latifolia*, *Myrica parvifolia* and *Hesperomeles goudotiana*, in Bojacá, Cundinamarca, shows, through the growth analysis with primary information, that the fertilization with hen droppings is the best treatment in the adaptation of these evaluated species. *B. bogotensis* was the best adapted species to the zone of study, surpassing, up to four times, to the other species in the biomass and leaf area increases. *M. parvifolia* showed the lowest biomass and leaf area increases, in the three treatments. *H. goudotiana* did not respond to the analyzed treatments, thus indicating its null adaptation to the conditions of the zone of study.

Keywords:

Growth analysis, organic fertilization.

1. INTRODUCCIÓN

En el planeta, los países ecuatoriales como Colombia, realizan su proceso de fotosíntesis de manera directa e intensa durante todo el año. La tendencia natural ecuatorial es cubrir el suelo con árboles, con selvas y bosques para proteger el suelo del sol, del aguacero y de los vientos (Care, 1998; Wais, 1998; Díaz, 2002; Díaz, 2003). Si el ecosistema pierde sus árboles y plantas corta vientos, el viento se convierte en un gran enemigo del ecosistema, porque se lleva la humedad ambiental que debe envolver o rodear a las plantas (Hansen y Harris, 1975; Birk, 1991; Cancino, *et al.*, 1999), mientras que las pocas plantas que se mantienen, transpiran y pierden agua por la acción del viento, trayendo consigo la pérdida de agua del suelo, que la raíz extrae para suplir la disminución de la humedad que se lleva el viento. De esta manera, el viento se convierte en un factor de erosión en suelos sin cobertura (Gutiérrez, 1993; Darwich, 1998; López, 2000).

Por esta razón, en los últimos años se han desarrollado programas tendientes a revegetalizar las zonas que muestran riesgos de desequilibrio ecológico, teniendo en cuenta que el fertilizante que se utilice al momento de la siembra, es uno de los factores determinantes en la adaptación de plantas pioneras, que alcanzan su adaptabilidad con gran éxito (Muñoz, 1965; Medina, 1977; INFORAGRO, 1996; Olivera, 1998; Cruz, 2002). En este orden de ideas, y buscando contribuir con la recuperación de áreas que se encuentran en avanzado estado de erosión, este trabajo presenta una alternativa de evaluación del desempeño fisiológico de plantas pioneras en procesos de revegetalización, donde una de las formas que ofrece una adecuada caracterización fisiológica, al momento de evaluar el efecto de la adaptación de material vegetal promisorio, es el análisis de crecimiento, mediante la obtención de la biomasa seca y el área foliar, indicadores del funcionamiento vegetal.

2. MATERIALES Y METODOS

2.1 Material vegetal

Se seleccionaron 324 plantas de cada una de las siguientes especies: Ciro (*Baccharis bogotensis*); Haiuelo (*Dodonea viscosa*); Chilca (*Baccharis latifolia*); Laurel (*Myrica parvifolia*); Mortiño (*Hesperomeles goudotiana*); Sanguinaria (*Lantana camara*).

2.2 Plantación y diseño experimental

Se sembraron 1944 plantas por el sistema de plantación en cuadro, a una distancia de 2.5 m, ploteo de 80 cm. de diámetro con un hoyo de 30 x 40 cm., bajo un diseño de bloques completos al azar, en las fincas la Yerbabuena y La Vuelta del Cerro de la vereda Cubia, municipio de Bojacá, Cundinamarca, localizada a 4° 44'0.5" de latitud norte, 74°20'41" de longitud oeste y 2.600 m.s.n.m, comunicada por carretera destapada, con la cabecera del municipio de Bojacá, a una distancia aproximada de 4 km. Esta zona corresponde al bosque seco - montano bajo y registra una frecuente ocurrencia de heladas (Holdridge, 1979; Carrera, 1980; DAMA, 1995). Cuando las plantas tenían seis meses de edad, recibieron una doble fertilización. La primera fue inorgánica, aplicada antes de ser transportadas al área de siembra, y la segunda fue orgánica, una semana después de sembradas en el sitio de estudio.

2.3 Análisis de crecimiento con información primaria

Se seleccionaron 3 plantas al azar por especie y tratamiento, cada quince días, durante seis meses, para un total de once muestreos destructivos. En cada muestreo se determinó el peso seco por órgano y por planta, con la ayuda de un horno de secado, a una temperatura de 80°C, durante 48 horas, determinando la biomasa de cada órgano en cada planta, por especie y tratamiento. De igual forma, se halló el área foliar total por planta y especie en cada tratamiento. Esta información, que es un requisito importante en el análisis de crecimiento vegetal, muestra las dimensiones del aparato fotosintetizador, a través del área foliar, y la acumulación de biomasa, expresada por el peso seco de las plantas en cada tratamiento a través del tiempo (Hunt, 1978; Hunt, 1982).

2.4 Análisis estadístico

Los resultados son evaluados y presentados, según Steel y Torrie (1985) en un diseño de bloques completos al azar con submuestreo e igual número de repeticiones bajo un análisis de varianza (ANAVA), según el siguiente modelo:

$$\bar{a}_{ijk} = \bar{\mu} + \hat{\alpha}_i + \hat{\alpha}_j + \hat{\alpha}_k + \epsilon_{ijk}$$

Donde, Y_{ijk} es la variable respuesta correspondiente al i -ésimo tratamiento (Tratamiento 1: Fertilización con calfos; Tratamiento 2: Fertilización con maleza acuática; y Tratamiento 3: Fertilización con gallinaza), j -ésimo bloque (3 bloques por tratamiento) y k -ésima muestra (11 muestras por tratamiento); $\bar{\mu}$ es la media general; T_i es el efecto del i -ésimo tratamiento; β_j es el efecto de j -ésimo bloque; ϵ_{ij} es el error experimental, variación debida al azar; η_{ijk} es el error experimental debido al muestreo.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

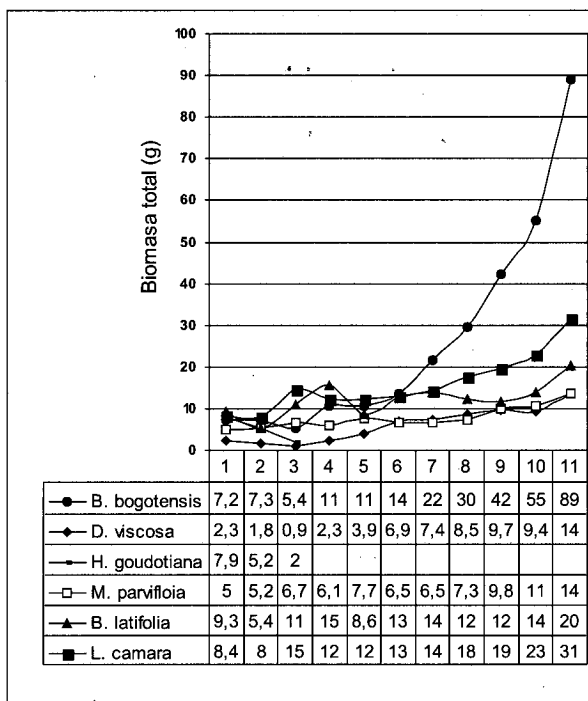
3.1 ACUMULACION DE BIOMASA

La acumulación de Biomasa señaló diferencias estadísticas altamente significativas ($P < 0.01$) entre los tres tratamientos evaluados, durante las once lecturas, que a continuación son analizados.

3.1.1 Fertilización con calfos (Tratamiento 1)

Durante las primeras siete lecturas, las seis especies evaluadas mostraron incremento de biomasa similar con pocas variaciones; sin embargo, a partir de la lectura siete, *B. bogotensis* presenta un significativo incremento en la acumulación de biomasa, comparado con las cinco especies restantes, con una fuerte tendencia de incremento (Figura 1). Este comportamiento durante las primeras siete lecturas, evidencia posiblemente una adaptación similar en las especies evaluadas, aunque *H. goudotiana* muere entre las lecturas tres y cuatro. Las plantas que se mantienen vivas en este periodo, reflejan morfológica y fisiológicamente las condiciones estresantes por el ambiente, que no les permite crecer y desarrollarse, teniendo en cuenta el estado fenológico que presentaban. Precisamente, en la época de muestreo sucedió una fuerte disminución de la

Figura 1. Efecto de la fertilización con calfos en la acumulación de biomasa total, de cada una de las seis especies pioneras para revegetalización en zonas erosionadas del municipio de Bojacá, Cundinamarca, durante las 11 lecturas evaluadas.



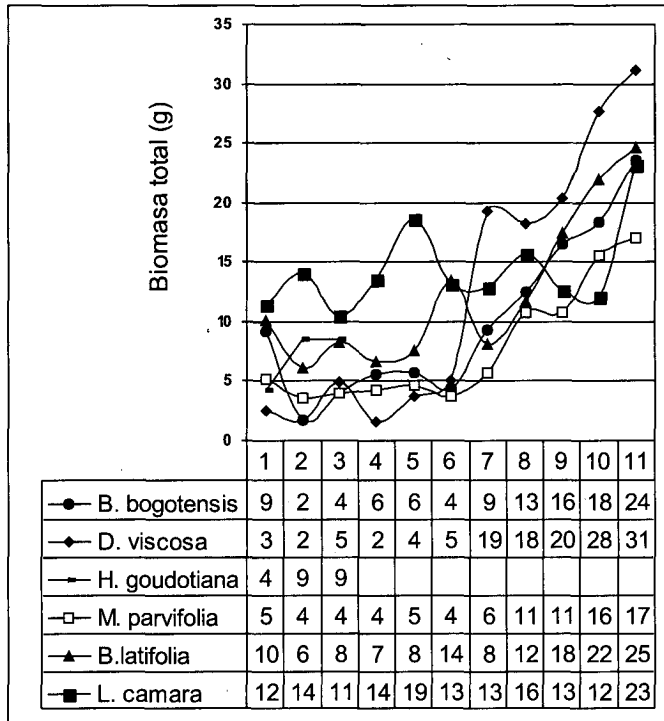
precipitación e incrementos marcados en la temperatura durante las horas del día, mientras que en horas de la madrugada fue ostensiblemente baja la temperatura. Esta situación ocasiona las heladas y genera, de forma directa, disfunciones en el metabolismo normal de las plantas como por ejemplo desordenes enzimáticos, aumento en la transpiración y lo más importante, la ruptura de tejidos producida por la condensación del agua durante los periodos de heladas (Lao *et al.*, 1996; IDEAM, 1998; Salisbury y Ross, 2000; Azcon y Talon, 2001).

A partir de la lectura 7, el incremento de biomasa en *B. bogotensis*, de tres veces por encima del alcanzado por las demás especies, indica una mayor adaptabilidad a la zona de estudio, presumiblemente como consecuencia del suministro de calfos, fertilizante rico en fósforo y calcio, elementos que estimulan la absorción en suelos ácidos. Esta situación sugiere que, a pesar de que las condiciones hídricas y de temperatura eran extremas, esta especie pudo no solamente aprovechar los nutrientes del suelo sino además manejar una adecuada tasa transpiratoria, que le permitiera una mejor fijación del dióxido de carbono, materia prima en el incremento de biomasa (Amo, 1993; Mosquera y González, 1999). Las cuatro especies restantes, aunque se mantuvieron vivas, su lento crecimiento es una posible manifestación de las condiciones adversas para su adecuado desempeño fisiológico. Además, el fertilizante calfos, a pesar de que favorece las condiciones edafológicas apropiadas para la absorción de nutrientes por parte de las plantas (Rubio, 1974), muy posiblemente las temperaturas extremas y la baja disponibilidad de agua restringieron, por un lado, la absorción de nutrientes y además una adecuada tasa de fijación de carbono. De otra parte, es importante resaltar que el calcio, un elemento que contribuye a estimular el desarrollo órganos, activa sistemas enzimáticos, neutraliza los ácidos orgánicos, reduce la acidez del suelo y es requerido por las bacterias nitrificantes (Helyar y Andersson, 1974; Liebman, 1989; López, *et al.*, 1999; Rigueiro *et al.*, 1999); Por esta razón, se presume que su papel en la composición del fertilizante calfos fue primordial para la respuesta que presentaron las especies sometidas a este tratamiento (Cargill, 1988).

3.1.2 Fertilización con malezas acuáticas (Tratamiento 2)

El comportamiento de adaptabilidad de las seis especies analizadas, es muy similar, e incluso *H. goudotiana*, una vez más, muere entre las lecturas 3 y 4, mientras que *L. camara* se ve favorecida en la acumulación de materia seca, comparada con las demás especies, durante las seis primeras lecturas (Figura 2). A partir de la lectura 7, las 5 especies sobrevivientes presentan una tendencia similar en la acumulación de biomasa seca, mostrando que las condiciones ambientales favorecen por igual su adaptabilidad, a pesar de que las malezas acuáticas, como fertilizante orgánico y suministrador de agua al momento de la adaptación de las plantas, mejora las condiciones de adaptabilidad de *L. camara*, durante las primeras 6 lecturas. Es posible que las 5 especies se vean igualmente favorecidas por el suministro de nutrientes generados de la descomposición microbiana que sufrieron las malezas acuáticas durante los primeros 60 días del estudio. Esto significa que las malezas acuáticas, como fertilizante a mediano plazo, podrían ser un adecuado recurso al momento de la adaptación de material vegetal y un sistema que puede ser funcional en la utilización de plantas acuáticas que ofrecen problemas ambientales (Whitehead, 2000). Sin embargo, las malezas acuáticas no controlaron el estrés hídrico en las seis especies evaluadas, dado que se esperaba que

Figura 2. Efecto de la fertilización con malezas acuáticas en la acumulación de biomasa total, de cada una de las seis especies pioneras para revegetalización en zonas erosionadas del municipio de Bojacá, Cundinamarca, durante las 11 lecturas evaluadas.



este material sirviera no solo como fuente de nutrición sino también como un reservorio de agua, teniendo en cuenta la baja disponibilidad hídrica en la zona de estudio. Sin embargo, es claro que los requerimientos de agua en las plantas se deben parcialmente a necesidades metabólicas, obligándolas a adoptar condiciones de adaptabilidad, bien sea presentando periodos de vida cortos, almacenando agua en grandes reservorios, aprovechando toda la disponible y regulando la transpiración (Pierzynski *et al.*, 1994; Jardón, 2000). En este sentido, las especies que sobrevivieron utilizaron, muy seguramente, como recurso regulador hídrico la disminución de la tasa transpiradora. Además, la erosión hídrica, que es la pérdida de suelo superficial fértil por la acción del agua lluvia, es la principal responsable de la degradación progresiva de los suelos (Fuentes, 1994). Esta erosión, es causada por el escurrimiento superficial del agua que no se infiltra; si se logra minimizar la escorrentía, se puede aumentar la infiltración durante las lluvias y, con ello, disminuir o anular el riesgo de la erosión (Duchaufour, 1984). Actualmente, la mayoría de regiones sufren avanzados procesos de erosión, salinización, desertización, falta de vida en el suelo. Muchas regiones son “desiertos verdes”, mientras dura el agua, cada vez más escasa, que extraen del subsuelo para regar las tierras (Isherwood, 1998; Mosquera, 2001).

El otro gran responsable de la degradación es el desequilibrio del balance nutricional: extraer, más que reponer. El sistema para lograr la infiltración de las aguas y el mantenimiento del equilibrio nutricional nos lo enseña la vegetación natural: cobertura permanente del suelo y reposición de nutrientes a través de los vegetales o sus restos (Romero, 1989; Rigueiro, *et al.*, 2000). Las tecnologías de cualquier sistema sostenible del uso del suelo tienen que apuntar hacia esos principios (Rigueiro, 1985; Labrador, 1996; Olivera, 1998; López, *et al.*, 2002; Mosquera, 2002).

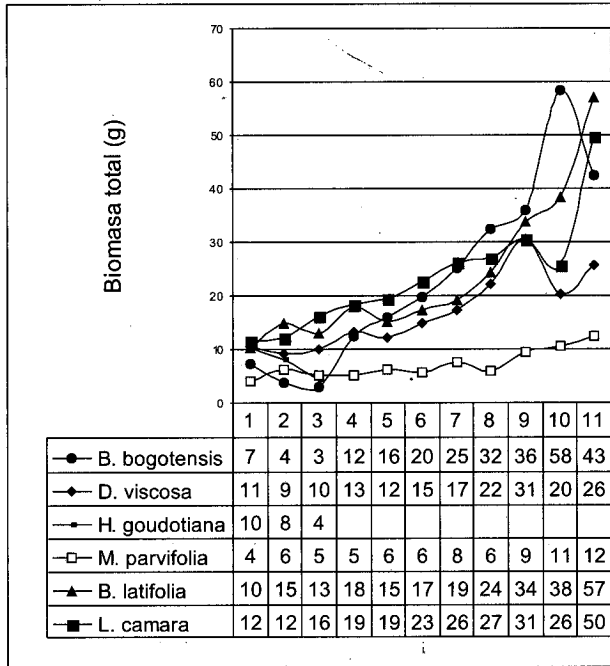
Por esta razón, en la fertilización con malezas acuáticas, es importante destacar el comportamiento fluctuante en la acumulación de materia seca, desde los primeros muestreos, evidenciando que las plantas posiblemente se encuentran en unos periodos en activa respiración de crecimiento y en los otros en respiración de mantenimiento (Liebman, y Robichaux, 1990; Pedroza *et al.*, 1997). De esta forma, cuando suceden los incrementos de biomasa, las plantas se encontrarían en la fase de respiración de mantenimiento, acumulando la materia seca sintetizada, mientras que cuando ocurren los descensos en la acumulación de biomasa, sucedería la respiración de crecimiento, momento el cual se utilizan las reservas almacenadas en los periodos precedentes (Hunt, 1982). Sin embargo, a partir de la sexta lectura (día 75), el comportamiento de las 5 especies sobrevivientes es similar, aunque es importante señalar que las plantas no encontraron la disponibilidad suficiente de nutrientes dadas las condiciones en que se desarrollan las malezas acuáticas, con bajas concentraciones de nutrientes, razón por la cual los aportes de nutrientes fueron probablemente pocos e insuficientes (Rojas, 1993; Agila y Enríquez, 1999).

3.1.3 Fertilización con gallinaza (Tratamiento 3)

Desde la tercera lectura (día 30), la mayoría de las especies analizadas en este tratamiento inician un crecimiento con una pendiente muy constante, alcanzado a doblar el incremento de biomasa a las plantas que fueron tratadas con malezas acuáticas. *H. goudotiana*, al igual que en los tratamientos 1 y 2, muere entre las lecturas 3 y 4 (30 y 45 días) indicando su baja adaptabilidad a la zona de estudio. De igual forma, es evidente que *M. parvifolia* no se ve favorecida por este fertilizante en su crecimiento, mientras que *B. latifolia*, *L. camara* y *B. bogotensis* son las que al final de la evaluación muestran una mejor adaptabilidad (Figura 3).

En este tratamiento, se evidencia que la inversión en la producción de biomasa fue mayor, posiblemente, gracias al aporte constante de nutrientes por parte de la gallinaza, favorecida por la acción de los descomponedores, actividad que ayuda al mantenimiento de un flujo heterogéneo de material orgánico, enriqueciendo el suelo y, de esta forma, contribuyendo con la formación de coloides que brindan un reservorio de nutrientes y de agua (Domínguez, 1984; Escudero y Espinosa, 1990). De otra parte, es de señalar que, bajo condiciones de sequía, la gallinaza es muy eficiente en la situación climatológica presentada en la zona de estudio, porque permite una eficiente acción descomponedora de los microorganismos (Wade, 1983; Rojas, 1993).

Figura 3. Efecto de la fertilización con gallinaza en la acumulación de biomasa total, de cada una de las seis especies pioneras para revegetalización en zonas erosionadas del municipio de Bojacá, Cundinamarca, durante las 11 lecturas evaluadas.



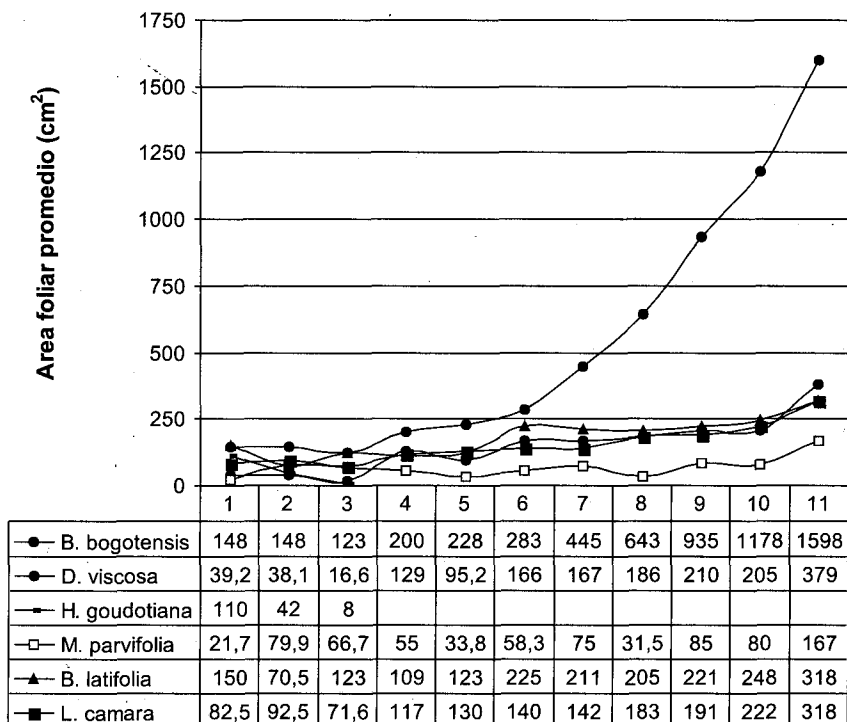
3.2 AREA FOLIAR

Efecto de los tratamientos de fertilización en el incremento de área foliar. Se presentaron diferencias estadísticas significativas ($P < 0.05$), entre los tres tratamientos estudiados, indicando que las diferentes especies evaluadas respondieron de forma diferente a los tres tipos de fertilizantes evaluados.

3.2.1 Fertilización con calfos (Tratamiento 1)

La presencia de calfos favorece hasta cuatro veces más, comparado con las demás especies, el incremento del área foliar de *B. bogotensis* (Figura 4). En esta especie, es claro observar que el incremento de área foliar está relacionado con los incrementos de biomasa, en la medida en que a mayor área foliar, mayor es la oportunidad de fijar carbono y en consecuencia, sintetizar mayor cantidad de compuestos carbonados, expresados en biomasa. De igual forma, se muestra que las plantas de *B. bogotensis* no regulan la pérdida de agua disminuyendo su área foliar, como lo hacen las especies sobrevivientes en este tratamiento, porque muy probablemente la presencia de calfos previene, en esta especie, no solo la pérdida de láminas foliares sino que por el contrario favorece su crecimiento y desarrollo (Mombiela, 1983; Cargill, 1988; Fernández, 2001).

Figura 4. Efecto de la fertilización con Calfos en el área foliar, de cada una de las seis especies pioneras para revegetalización en zonas erosionadas del municipio de Bojacá, Cundinamarca, durante las 11 lecturas evaluadas.



A partir de la lectura 6 (día 75), ocurren incrementos de área foliar similares en *D. viscosa*, *L. camara* y *B. latifolia*, mientras que *M. parvifolia* mantiene un comportamiento regular de presencia y pérdida de láminas foliares, a lo largo de los 11 periodos evaluados. Estos incrementos alcanzan a doblar, en la lectura 11, los alcanzados en la lectura 6. Este comportamiento indica que las especies *D. viscosa*, *L. camara* y *B. latifolia*, responden de forma similar, no solo a las condiciones extremas de la zona de estudio, donde la erosión eólica juega un papel importante en el suministro de agua desde el suelo a la planta, generando un déficit nutricional de macro y micro elementos presentes en forma de coloides, que son imposibles de incorporar por las raíces de las plantas, debido a la baja disponibilidad de agua, sino también a la adición del calfos (López, 1995; García, *et al.*, 2000).

Con respecto a los factores ambientales de la zona de estudio, la temperatura, la humedad relativa, la velocidad del viento, el contenido de agua en el suelo y su salinidad, fueron los factores que en conjunto, probablemente, afectaron la transpiración del material vegetal evaluado (Reeve y Doering, 1965); Sin embargo, la presencia de calfos favorece el incremento de área foliar y biomasa, únicamente en *B. bogotensis*. Además, de acuerdo con los resultados de los análisis de suelos en el área de estudio, el contenido de aluminio intercambiable, calcio, fósforo e hierro son extremadamente bajos, que junto



con un pH neutro, evidencia la necesidad de hacerle más aportes de materia orgánica que abonos químicos al suelo, porque los orgánicos, además de aportarle los elementos necesarios para las plantas, también contribuyen a retener la humedad de forma considerable.

Por otra parte, según los datos de la estación Acapulco, ubicada en el municipio de Bojacá, los aguaceros son intensos, de poca duración y poca frecuencia, en promedio llueve 95 días al año, por lo tanto este tipo de precipitación favorece los procesos erosivos. De igual forma, la evaporación promedio anual fue de 678.9 mm, que se ve favorecida por la intensidad de los vientos, que favorecen la erosión y dificultan los programas de revegetalización.

Es importante destacar el efecto benéfico de las aplicaciones de altos contenido de fósforo en el suelo, y además es notoria la diferencia entre fuentes de alta solubilidad en agua, tipo superfosfato y fuentes de lenta solubilidad tipo rocas fosfóricas y calfos (Tran y N´Dayegamiye, 1995; Fernández, 2001). El factor solubilidad es muy importante en el caso de los fertilizantes fosfóricos. En general, la investigación ha demostrado que la eficacia de la fertilización fosfatada aumenta en la medida en que se incrementa la solubilidad del fósforo en el producto, salvo en el caso de suelos fuertemente ácidos (con valores de pH inferiores a 5), en los cuales las fuentes fertilizantes de baja solubilidad, tales como el *calfos* y la *roca fosfórica* pueden igualar en eficacia a las de alta solubilidad (Patterson, 1965; García, *et al.*, 1986; SARH, 1988; Mosquera, *et al.*, 2000).

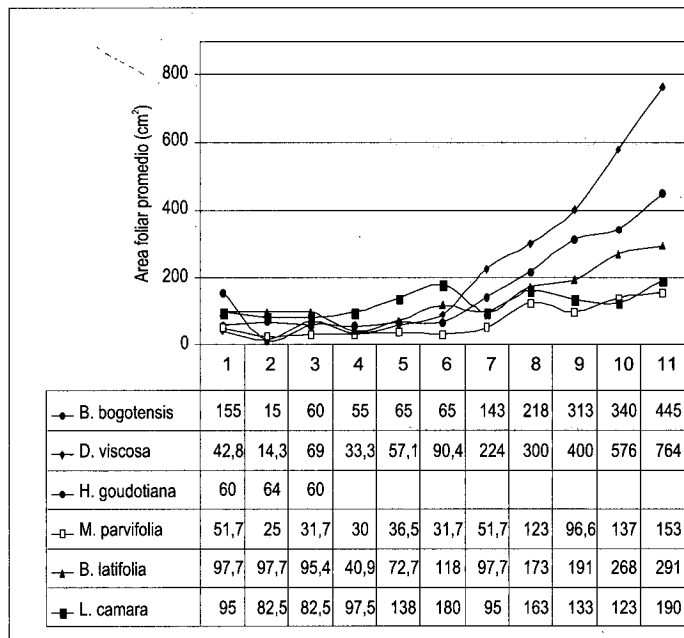
Los suelos que presentan grandes procesos erosivos ocasionados por acciones antropogénicas y condiciones bioclimáticas, como los que se presentan en la vereda la Cúbia, requieren de recuperación ambiental a través del mejoramiento del suelo, utilizando diferentes alternativas como la utilización del calfos, que es un reservorio de compuestos fosforados y de calcio para una utilización a mediano y largo plazo. La implementación de acciones para garantizar la restauración y recuperación de suelos y vegetación es una acción benéfica en la recuperación de ecosistemas fuertemente afectados (Simpson, 1986; Piñeiro y Pérez, 1988; Musiera, 1991; Garro, 1997; Larcher, 2000).

3.2.2 Fertilización con malezas acuáticas (Tratamiento 2).

A partir de la lectura 4, se inician los incrementos de área foliar en las especies sobrevivientes, aunque *L. camara*, desde la tercera lectura ha empezado con este proceso de forma continua y ascendente, hasta la sexta lectura, donde esta especie al igual que *B. latifolia* presentan una ligera disminución y reinician su incremento a partir de la séptima lectura, aunque muy por debajo del observado en *D. viscosa* y *B. bogotensis* (Figura 5). *D. viscosa*, en estos últimos periodos bajo este tratamiento, es favorecido en el incremento del área foliar, situación que está correlacionada con los incrementos de biomasa en esta especie, dado que a mayor área foliar, mayor será la oportunidad de fijar carbono y en consecuencia, incrementar su biomasa (Ramírez, 1987; Neilsen *et al.*, 1992; Beets *et al.*, 2001).

De otra parte, el incremento del área foliar en las especies sobrevivientes, en este tratamiento, a partir de la lectura 7, sugiere que se presentó mayor utilización de los

Figura 5. Efecto de la fertilización con malezas acuáticas en el área foliar, de cada una de las seis especies pioneras para revegetalización en zonas erosionadas del municipio de Bojacá, Cundinamarca, durante las 11 lecturas evaluadas.



nutrientes suministrados por las malezas acuáticas utilizadas como fertilizante. Es importante destacar que, las malezas acuáticas, además de proveer nutrientes, a corto y mediano plazo, almacenan agua, contribuyendo, de esta forma, con la absorción de macro y micronutrientes disueltos en el suelo para su utilización por parte de las plantas (Rigueiro *et al.*, 1998). La fertilización con malezas acuáticas, permite que las plantas que dan cobertura en el suelo den una amplia variedad de usos como son el control de la erosión, el manejo de plagas mediante la atracción de insectos benéficos y la alteración del ciclo vital de las plagas, el mantenimiento y el aumento de la fertilidad del suelo y el manejo de las malas hierbas (Elton, 1958; Fox, M. y Fox, B., 1986; Urbano, 1988; Altieri, 1999), como también el mantenimiento y el mejoramiento de la estructura del suelo, al aumentar la capacidad de retención de humedad y facilitar la disponibilidad de nutrimentos para las plantas (Garcidueñas, 1993; Hauggaard *et al.*, 2001).

3.2.3 Fertilización con gallinaza (Tratamiento 3).

En este tratamiento se evidencia el inicio de los incrementos en área foliar a partir de la tercera lectura (día 30), en *B. bogotensis*, *D. viscosa*, *B. latifolia* y *L. camara*, a diferencia de *H. goudotiana* que, una vez más muere entre la tercera y cuarta lectura, mientras que *M. parvifolia* presenta un comportamiento uniforme, con pocas variaciones a lo largo de las 11 lecturas y menor rendimiento comparado con la fertilización con calfos y malezas acuáticas (Figura 6).

M. parvifolia, a pesar de que presentó los valores más bajos en los tres tratamientos, con la gallinaza disminuyó aun más su rendimiento en área foliar. Se podría afirmar que las especies que mejor respondieron a este fertilizante, desde el punto de vista adaptación, fueron *D. viscosa*, *L. camara* y *B. latifolia*, posiblemente porque la gallinaza suministró los nutrientes necesarios para la inversión en área foliar por planta.

Las aplicaciones de gallinaza incrementan la fertilidad del suelo y el rendimiento de las plantas que son fertilizadas con esta fuente nutritiva (Smith, 1996; Valarezo, 2001). La aplicación de gallinaza incrementa significativamente el pH, la materia orgánica, el P (Olsen), y Ca, Mg y K intercambiables del suelo. El mejoramiento de la fertilidad del suelo se logra principalmente como consecuencia de la aplicación de gallinaza. Los efectos acumulativos de este tratamiento se perciben principalmente en el incremento del pH, P, Ca, Mg y K intercambiables del suelo y en la disminución del Al intercambiable (Pérez y Casanova, 1982; Pool *et al*, 2000).

Figura 6. Efecto de la fertilización con gallinaza en el área foliar, de cada una de las seis especies pioneras para revegetalización en zonas erosionadas del municipio de Bojacá, Cundinamarca, durante las 11 lecturas evaluadas.



4. CONCLUSIONES

La fertilización con gallinaza favoreció tanto la acumulación de materia seca como el incremento de área foliar, mientras que la fertilización con calfos y malezas acuáticas logran valores inferiores en las variables evaluadas, con un comportamiento similar entre estos dos fertilizantes, evidenciando, de esta forma, que la gallinaza como sustrato adicionado en el momento de la instalación de las plantas en la zona de estudio, es el fertilizante orgánico más adecuado en la adaptación de las especies que puedan sobrevivir en condiciones extremas. *B. bogotensis* fue la especie que mejor se adaptó a la zona de estudio, cuando fue fertilizada con calfos. *D. viscosa* es favorecida por la fertilización con maleza acuática tanto en incrementos de biomasa como en el área foliar. *M. parvifolia* fue la especie que mostró los más bajos incrementos en biomasa y área foliar, en los tres tratamientos. *H. goudotiana* no respondió a los tratamientos analizados, indicando así su inadaptación a las condiciones de la zona de estudio.

Agradecimientos

Este trabajo fue financiado por la Corporación Autónoma Regional de las Cuencas de los ríos Bogotá, Ubaté y Suárez (CAR).

5. BIBLIOGRAFÍA

- AGILA, N.; Enríquez, C. Elaboración de Bioabonos y su evaluación en un cultivar de brócoli *Brassica oleracea* L., var. Botrytis en San Pedro de Vilcabamba. Tesis Ing. Agr. Loja, Ecuador: Universidad Nacional de Loja, Facultad de Ciencias Agrícolas; 1999: 83.
- ALTIERI, M. A. The ecological role of biodiversity in agroecosystems. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 74: 19-31; 1999.
- AMO, M. L. Evolución de los parámetros físicos y químicos del fruto de melocotono (var. Cofrentes). Influencia de la fertilización y orientación. Tesis Doctoral. Universidad de Murcia; 1993: 273.
- AZCON, J.; Talon, M. *Fisiología y Bioquímica Vegetal*. Madrid, España: Mc Graw – Hill Interamericana; 2001: 581.
- BEETS, P. N.; Gilchrist, K.; Jeffreys, M. P. Wood density of radiate pine: Effect of nitrogen supply. *Forest Ecology and Management* 145: 173-180; 2001.
- BIRK, E. Stem and branch form of 20-year-old radiata pine in relation to previous land use. *Aust. For.* 54: 30-39; 1991.
- CANCINO, J.; Espinosa, M.; Varas, A. Projection of height and diameter and estimation of future volume yield in silvopastoral trial. *For. Ecol. Manage.* 123 (2-3): 275-285; 1999.
- CARE. *Experiencias en el Manejo Sostenible de los Recursos Naturales en los Andes*. Quito, Ecuador; 1998: 106-111

CARGILL COLOMBIANA S.A. Manual de fertilidad de los suelos Primera impresión en español. FAR, PPIC, Programa de diversificación Occidental (Canadá) y PPI.; 1988: 85.

CARRERA, G. Estudio general de clasificación de los suelos de la cuenca alta del río Bogotá, para fines agrícolas. Bogotá, D. C.: Instituto Geográfico Agustín Codazzi. IGAC; 1980: 325.

CRUZ, M. Elaboración de EM BOKASHI y su evaluación en el cultivo de maíz *Zea mays* L., bajo riego en bramaderos. Tesis Ing. Agr. Loja, Ecuador: Universidad Nacional de Loja, Facultad de Ciencias Agrícolas; 2002: 80.

DAMA. Administración y protección de los ecosistemas estratégicos en Santa fe de Bogotá. En: Metodología BPIN Para los Proyectos de Fortalecimiento Institucional; 1995: 292.

DARWICH, N. Manual de fertilidad de suelos y uso de fertilizantes. Ed. Talleres Gráfica Armedenho; 1998: 182.

DÍAZ-CARRACEDO, G. Influencia do pastoreo e fertilización en eucaliptais da Terra Chá (Lugo) sobre a vegetación do sotobosque e sobre o solo. Proyecto fin de carrera. Escuela Politécnica Superior-Lugo. Universidad de Santiago de Compostela; 2002.

DÍAZ-LOZANO, I. Efecto de la fecha de aplicación de distintas dosis de fertilización con lodos de depuradora urbana sobre las características del pasto y del suelo. Proyecto fin de carrera. Escuela Politécnica Superior-Lugo. Universidad de Santiago de Compostela; 2003.

DOMÍNGUEZ-VIVANCOS, A. Tratado de fertilización. España: Ed. Mundi-Prensa; 1984.

DUCHAUFOR, P. Edafología I: Edafogénesis y clasificación. Barcelona: Masson; 1984.

ELTON, C. S. The ecology of invasion by animals and plants. London: Methuen & Co. Ltd.; 1958.

ESCUADERO, G.; Espinosa, F. Diagnóstico de la explotación pecuaria y determinación de los recursos forrajeros del Cantón Zapotillo. Tesis Ing. Agr. Loja, Ecuador: Universidad Nacional de Loja, Facultad de Ciencias Agrícolas; 1990: 146.

FERNÁNDEZ-SIERRA, C. Efectos en el suelo y en el pasto de la fertilización con lodos de depuradora urbana, solos o complementados con calcio, en un sistema silvopastoral. Proyecto fin de carrera. Escuela Politécnica Superior-Lugo. Universidad de Santiago de Compostela; 2001.

FOX, M. D.; Fox, B. J. The susceptibility of annual communities to invasion. En: Groves, R. H.; Burdon, J.J. (Eds) Ecology of Biological Invasions. Cambridge: Cambridge University Press; 1986: 57-66.

FUENTES-YAGÜE J. L. El suelo y los fertilizantes. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. Instituto Nacional de Reforma y Desarrollo Agrario. España: Ed. Mundi-Prensa: 1994.

GARCÍA, P.; Mombiela, I.; Mosquera, A. Efecto del encalado sobre la composición química de praderas establecidas en terrenos a "monte" I. Calcio y fósforo. Anales del I.N.I.A. Serie agrícola 1 (3):135-146; 1986.

GARCÍA-FAYOS, P.; García-Ventoso, B.; Cerda, A. Limitations to plant establishment on eroded slopes in southeastern Spain. Journal of Vegetation Science 11: 77-86; 2000.

- GARCIDUEÑAS, J. Fisiología vegetal aplicada, México: Mc Graw Hill; 1993.
- GARRO-ALFARO, J. Agricultura orgánica. Costa Rica: Ediciones Aqua; 1997.
- GUTIÉRREZ-RODRÍGUEZ, M. Métodos avanzados en fisiología vegetal experimental. 1ªed. México: Colegio de posgraduados Montecillo; 1993.
- HANSEN, E. A.; Harris, A. Validity of soil-water samples collected with porous ceramics cups. Soil Sci. Amer. Proc. 39: 528-536; 1975.
- HAUGGAARD-NIELSEN, H.; Ambus, P; Jensen, E. S. Interspecific competition, N use and interference with weeds in pea-barley intercropping. Field Crops Research. 70: 101-109; 2001.
- HELYAR, K. R.; Andersson, A. J. Effects of calcium carbonate on the availability of nutrients in an acid soil. Soil. Sci. Soc. Am. Proc. 38: 341-346; 1974.
- HOLDRIDGE, L. Life zone ecology. Rev. Ed. Tropical Science Center, San José Costa Rica (1967). Traducción: Ecología basada en zonas de vida. San José Costa Rica: Editorial IICA; 1979.
- HUNT, R. Plant growth analysis. The Institute of Biology's Studies in Biology. No 96. London. U. K: Edward Arnold Publishers; 1978: 67.
- HUNT, R. Plant growth curves: the functional approach to plant growth analysis. Primera edición. London, U.K.: Edward Arnold Publishers Ltd.; 1982: 225.
- IDEAM. Medio Ambiente en Colombia: Bogotá, D. C., Colombia: Talleres del IDEAM; 1998: 320.
- INFORAGRO. Establecimiento de un banco de germoplasma *ex vitro* y establecimiento de parcelas experimentales con especies pioneras. Memoria Técnica. Bogotá: INFORAGRO; 1996.
- ISHERWOOD, K. F. Mineral fertilizer use and the environment. International Fertilizer Industry Association; 1998.
- JARDÓN-BOUZAS, B. Estudio de evolución estacional de la calidad nutritiva de distintas especies herbáceas, arbustivas y arbóreas en zona de Xinzo de Limia. Proyecto fin de carrera. Escuela Politécnica Superior-Lugo. Universidad de Santiago de Compostela; 2000.
- LABRADOR, J. La materia orgánica en los agrosistemas. Coedición ministerio de agricultura, pesca y alimentación. Ediciones mundi-empresa: Madrid; 1996.
- LAO, M. T.; Jiménez, S.; Del Moral, F. Aplicación de las sondas de succión. Hortofruticultura 73: 39-42; 1996.
- LARCHER, W. Ecofisiología vegetal. São Carlos, SP, Brasil: Rima; 2000: 531.
- LIEBMAN, M. Effects of nitrogen fertilizer, irrigation, and crop genotype on canopy relations and yields of an intercrop/weed mixture. Field Crops Research 22: 83-100; 1989.
- LIEBMAN, M.; Robichaux, R. H. Competition by barley and pea against mustard: effects on resource acquisition, photosynthesis and yield. Agriculture, Ecosystems & Environment 31: 155-172; 1990.



LÓPEZ-YAMEL. Relaciones hídricas en el continuo agua-suelo-planta-atmósfera. Bogotá, D. C., Colombia: Universidad Nacional de Colombia; 2000.

LÓPEZ-DÍAZ, M. L.; Mosquera-Losada, M. R.; Rigueiro-Rodríguez, A. Nitrogen and mineralization sewage sludge doses in grassland. Denmark: 10th Nitrogen Workshop; 1999.

LÓPEZ-MOSQUERA, M. E. Enmiendas. Corrección de la acidez. Encalado. Gestión de la materia orgánica en explotaciones Agrícolas. (Monografía docente). Escuela Politécnica Superior-Lugo. Universidad de Santiago de Compostela; 1995.

LÓPEZ-MOSQUERA, M. E.; Moirón, C.; Seoane, S. Changes in chemical properties of fan acid soil after application of dairy sludge. *Prod. Prot. Veg.* 17 (1): 75-85; 2002.

MEDINA, E. Introducción a la ecofisiología vegetal. Serie de Biología, Monografía No. 16. Washington, D. C: Secretaria General de la OEA.; 1977: 102.

MOMBIELA, F. Efecto de la cal y el fósforo sobre las transformaciones de nitrógeno en dos suelos ácidos de Galicia. *Anales del I.N.I.A.* 24: 269-276; 1983.

MOSQUERA-LOSADA, M. R.; González-Rodríguez, A. Pasture production in Northern Spain dairy systems. *New Zealand Journal of Agricultural Research* 42: 125-132; 1999.

MOSQUERA-LOSADA, M. R.; López-Díaz, M. L.; Rigueiro-Rodríguez, A. Efecto del encalado y la adición de lodos sobre los contenidos de calcio y magnesio en el pasto en sistemas silvopastorales. III Reunión Ibérica de Pastos y Forrajes; 2000: 671-676.

MOSQUERA-LOSADA, M. R.; López-Díaz, M. L.; Rigueiro-Rodríguez, A. Sewage sludge fertilization of a silvopastoral system with pines in northwestern Spain. *Agroforestry System*; 2001: 1-10.

MOSQUERA-LOSADA, M. R.; Rigueiro-Rodríguez, A. Variability of sewage sludge parameters. Implications on fertilization uses. VII ESA Congress 15-18 July 2002. Córdoba (Spain): 393-394; 2002.

MUÑOZ-TABOADELA, M. Suelos de Galicia. Análisis y necesidades de fertilizantes con especial referencia al fósforo. Monografías de Ecología Agraria, 2. Madrid: CSIC (ed.); 1965.

MUSIERA-PARDO, E.; Ratera-García, C. Praderas y forrajes. Producción y aprovechamiento. Madrid: Ed. Mundi-Prénsa; 1991.

NEILSEN, W. A.; Patacze, K. W.; Lynch, T; Pyrke, R. Growth response on *Pinus radiata* to multiple applications of nitrogen fertiliser and evaluation of the quality of added nitrogen remaining in the forest system. *Plant and Soil* 144: 207-217; 1992.

OLIVERA, J. Guía para formular un plan de manejo agroecológico en un predio. Quito, Ecuador: CEA (Coordinación Ecuatoriana de Agroecología); 1998: 90.

PATTERSON, J. Fertilizantes Agrícolas. Manuales de Técnica Agropecuaria. Zaragoza, España: Editorial Acribia; 1965.

PEDROZA-MANRIQUE, J; Corchuelo, G; Angarita, A. Análisis de crecimiento de *Limonium sinuatum* Mill c.v. Midnight blue propagada sexual y asexualmente a partir de yemas vegetativas y florales. *Agronomía colombiana.* XIV (1): 1-12; 1997.

PÉREZ, O.; Casanova, E. Efectos de aplicaciones de estiércol y fósforo sobre algunas propiedades físicas y químicas de un suelo del Valle de Quibor, Edo. Lara y su

influencia sobre el desarrollo de plantas de tomate. VII Congreso Nacional de la Sociedad Venezolana de la Ciencia del Suelo. San Cristobal, Tachira, Venezuela; 1982.

PIERZYNSKI, G. M.; Thomas Sims, J.; Vance, G. F. Soils and environmental quality. De. Lewis Publisher; 1994: 312.

PIÑEIRO J.; Pérez, M. Producción de pastos entre pinos. Agricultura 672: 480-492; 1988.

POOL-NOVELO, L.; Trinidad-Santos, A.; Etchevers-Barra, J.; Pérez-Moreno, J.; Martínez-Garza, A. Mejoradores de la fertilidad del suelo en la agricultura de ladera de los altos de Chiapas, México. Agrociencia 34: 251-259; 2000.

RAMÍREZ, Homero. Control hormonal del desarrollo de las plantas. México: Editorial Limusa; 1987.

REEVE, A.; Doering, E. J. Sampling the soil solution for salinity appraisals. Soil Sci. 99: 339-334; 1965.

RIGUEIRO-RODRÍGUEZ, A. La utilización del ganado en monte arbolado gallego, un paso hacia el uso integral del monte. Estudios sobre prevención y efectos ecológico de de los incendios forestales. Madrid: Ed. R. Velez, J.A. Vega. I.C.O.N.A. (M.A.P.A.); 1985: 61-78.

RIGUEIRO-RODRÍGUEZ, A.; Mosquera-Losada, M. R.; Andrade C. Estudio del uso de lodos de depuradora en la instalación de praderas bajo pinar. Actas de la XXXVIII Reunión Científica de la S.E.E.P. Soria; 1998: 169-172.

RIGUEIRO-RODRÍGUEZ, A.; Mosquera-Losada, M. R.; López-Díaz, M. L. Nitrogen extraction from different doses of organic mature complemented by different inorganic fertiliser. Denmark: 10th Nitrogen Workshop; 1999.

RIGUEIRO-RODRÍGUEZ, A.; Mosquera-Losada, M. R.; Gatica-Trabanini, E. Pasture production and tree growth in a young pine plantation fertilized with inorganic fertilizers and milk sewage in northwestern Spain. Agroforestry systems 48: 245-256; 2000.

ROJAS Garcidueñas, Fisiología vegetal Aplicada. México: Editorial Interamericana McGraw Hill; 1993: 275.

ROMERO F., E. Efecto de los estiércoles sobre la calidad del agua y del suelo. Seminarios Técnicos. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales y Agropecuarias. México: Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos 6 (12): 270; 1989.

RUBIO M., D. Evaluación de residuos orgánicos estabilizados (compost) obtenidos en el basurero de Monterrey, N. L desde el punto de vista de su utilización agrícola. Seminarios Técnicos. Torreón, Coahuila, México: Centro de Investigación Agrícola del Noreste-Instituto Nacional de Investigaciones Forestales y Agropecuarias 1(1): 13; 1974.

SALISBURY, F y Ross, C. Fisiología de las plantas. Madrid: Paraninfo S.A.; 2000: 988.

SARH. Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos. Instructivo para análisis de suelos. Chapingo, México: Subsecretaria de Desarrollo y Fomento Agropecuario y Forestal; 1988.

SIMPSON, K. Abonos y estiércoles, Zaragoza, España: Editorial Acribia, S. A; 1986.

SMITH, S. R. Agricultural recycling of sewage sludge and the environment. CAB International; 1996.

STEEL R.; Torrie James Bioestadística Principios y Procedimientos. 2^{da} edición. Bogotá D. C. Colombia: McGraw-Hill; 1985: 259.

TRAN, T. S.; N'Dayegamiye, A. Long-term effects of fertilizer and manure application on the forms and availability of soil phosphorus. Can. J. Soil. Sci. 75:281-285; 1995.

URBANO-TERRÓN, P. Tratado de fitotecnia general. España: Ed. Mundi-Prensa; 1988.

VALAREZO, J. Manual de Fertilidad de Suelos. Universidad Nacional de Loja, Área Agropecuaria y de Recursos Naturales Renovables, Carrera de Ingeniería Agronómica. Ecuador; 2001: 84.

WADE, M. K. Mulching and green manure applications for continuous crop production in the Amazon basin. Agron. J. 75: 39-45; 1983.

WAIS de Badgen, I. R. Ecología de la contaminación ambiental. Ediciones Universo; 1998: 145-146.

WHITEHEAD, D.C. Nutrient elements in grassland: Soil-Plant-Animal, relationships. Oxon: CABI Publishing; 2000.