

## La fitomasa subterránea en bosques naturales y en áreas rehabilitadas de la región minera de Moa, Holguín, Cuba

### Subterranean phytomass in natural forest ecosystems and in reclaimed areas of the nickel mining industry in Moa, Holguin Province, Cuba

Luis HERNÁNDEZ\* y María E. RODRÍGUEZ PÉREZ\*

**RESUMEN.** Se estudió la fitomasa subterránea en diferentes bosques naturales y áreas reforestadas de la región minera del níquel en Moa, provincia de Holguín, Cuba. Se analizaron las características de las raíces y los detritos en 7 parcelas de bosque natural a las profundidades de 0-10 y 10-20 cm del suelo y en 6 parcelas reforestadas (0-10cm) con 3 especies: *Casuarina equisetifolia* Fors (Casuarina), *Pinus cubensis* (Pino de Moa) y *Anacardium occidentale* L (Marañón). En cada parcela se escogieron 3 subparcelas al azar y en cada una de ellas se tomaron 3 muestras de hojarasca en cuadrados de 25 cm X 25 cm y en estos mismos lugares, se tomaron las muestras de suelo con un cilindro de 5 cm de diámetro por 10 cm de largo. En el laboratorio se separaron los detritos y las raíces (o estera radical si existía) del horizonte orgánico (O) y del suelo mediante el lavado en tamices, secado en estufa a 70°C y pesado. En las parcelas de bosque natural, las esteras radicales presentes en el horizonte O y la fitomasa radical se concentran en los 10 cm superiores del suelo, lo que sugiere que la vegetación en las condiciones de Moa, el ciclo de los nutrientes está fuertemente bajo control biológico. En las áreas rehabilitadas donde se sembró Casuarina, esta especie tuvo una producción mayor de hojarasca y de raíces, en relación a otras especies coetáneas, lo que mejora el contenido de materia orgánica del suelo.

**PALABRAS CLAVE.** fitomasa subterránea, raíces, detritos, root mats, minería del níquel

**ABSTRACT.** Subterranean phytomass was studied in natural forest ecosystems and in reclaimed areas of the nickel mining industry in Moa, Holguin Province, Cuba. Roots and detritus distribution were analyzed at the 0-10cm and 0-20cm soil depth in 7 natural forest plots and 6 reclaimed plots (0-10cm) afforested with 3 species: *Casuarina equisetifolia* Fors (Casuarina), *Pinus cubensis* Griseb (Pino de Moa) and *Anacardium occidentale* L (Marañón). Samples of litter and soil (0-10cm, 10-20cm) were taken. At the laboratory roots and detritus were separated by wet sieving method. In natural forests (E-1 to E-7) the litter layer was from 804 to 2700 g·m<sup>-2</sup> and the mean total of subterranean phytomass (litter+0-20cm) was 4162g·m<sup>-2</sup>, having the remaining area of *Clusea rosea* (E-6) 6726 g·m<sup>-2</sup>. In natural forest plots, root mats are present in the organic horizon (O) In 4 years afforested plots, Casuarina is the species that produced more roots and Pinus produced more detritus. At 16 years plots, Casuarina showed a root phytomass similar to the V. Alegre natural forest, but concerning detritus both, Pinus and Casuarina had almost same amounts: 243 and 251 g/m<sup>2</sup>, respectively.

**KEY WORDS.** subterranean phytomass, roots, detritus, root mats, mining activity

## INTRODUCCIÓN

La fitomasa subterránea ha sido menos estudiada en los trópicos que en los países templados. En Cuba se han realizado algunas investigaciones sobre este tópico en bosques siempreverdes y semidecíduos (Sagué y Hernández, 1976; Herrera y Rodríguez, 1988), y en diferentes bosques y plantaciones (Hernández y Sandrino, 1986). En pinares es clásico el trabajo de Samek (1973), pero no disponemos de referencias para pluvisilvas ni bosques afectados por contaminación industrial y explotación minera.

Los suelos minerales con alto contenido de Fe y Al, son deficientes en P asimilable, por lo que se considera que el papel de este elemento en forma orgánica es de gran importancia en las regiones tropicales. Ortega (1982) plantea que en los suelos Ferríticos (Oxisoles) de la región NE de Cuba, del 80 al 92 % de la capacidad de cambio catiónico (CCC) depende del humus.

Desde el punto de vista ecológico, para evaluar el funcionamiento de los ecosistemas es necesario conocer la fitomasa subterránea y su distribución (Hernández *et al.*, 1991). La cantidad de raíces finas permite valorar la capacidad potencial de la vegetación para tomar los elementos disponibles en el suelo, y los detritos vegetales, que al acumularse son reservas importantes de nutrientes, ayudan al

sostén de los componentes del sistema.

En este trabajo se estudian las características de la fitomasa subterránea y su distribución comparando el comportamiento de estos componentes, en ecosistemas naturales conservados y afectados por la contaminación industrial, así como en áreas mineras rehabilitadas con distintas especies forestales.

## MATERIALES Y MÉTODOS

**Características del área de estudio.** La zona de Moa constituye una de las áreas más extensas de Suelos Ferríticos en Cuba, desarrollados sobre rocas ultramáficas, especialmente serpentinita. La zona se caracteriza por tener altas precipitaciones (1750-2300 mm) y una temperatura media anual de 25° C (Instituto de Meteorología, 1991). Estos suelos se caracterizan por tener baja fertilidad, con muy poco contenido de fósforo asimilable, baja capacidad de cambio de bases (CCB de 3 a 10 meq./100g) y un elevado contenido de F<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (20 a 56%) y de metales pesados (Hernández *et al.*, 2001). Los suelos Ferríticos que sustentan la vegetación en la región de Moa presentan por su textura un elevado drenaje interno, por lo que, a pesar de las altas precipitaciones, la vegetación muestra adaptaciones a la sequía edáfica y a la carencia o desbalance de nutrientes, como es la xeromorfia,

Manuscrito recibido: 10 de marzo de 2010

Manuscrito aprobado: 5 de junio de 2010

\*Instituto de Ecología y Sistemática, C. P. 11900, La Habana 19, Cuba.

característica de la vegetación serpentínica (Borhidi, 1991).

La vegetación natural está representada por bosques de *Pinus cubensis* y por pluviisilvas, sobre suelo más desarrollado (Samek, 1973 y Oviedo, 1999). López *et al.* (1994), consideraron que desde el punto de vista florístico, es una de las regiones más interesantes de Cuba, por su riqueza en endémicos locales. Estos autores señalan que el número de endemismos nacionales y estrictos es más elevado en la vegetación de estas áreas y consideran que en esta región (Moa-Baracoa), se concentra entre la tercera y la cuarta parte de los autófitos endémicos cubanos.

**Sitios y método de colecta.** Se seleccionaron tres zonas de trabajo pertenecientes a la Empresa Minera Ernesto Che Guevara (ECG): 1- Zona de bosques naturales (Yagrumaje Sur), situada al ESE de la ciudad de Moa con relativamente poca afectación por la actividad minera, en un gradiente entre 50 a 350m. s n m. Se establecieron cinco estaciones de estudio. E-1: pinar (a 50m s.n.m.) algo afectado por la tala selectiva, en proceso de recuperación, con abundantes latifolias y un dosel cerrado; E-2: pinar abierto (a 100m.s.n.m.) con exposición NE más afectado por los vientos; E-3: pluviisilva submontana (250-300m s.n.m.), bosque de altura media (12-15m de alto) con diversidad de especies de esta formación; E-4: pluviisilva submontana (300-350m s.n.m) con arbolitos de altura menor de 3m y E-5: pinar natural remanente (20 a 50msnm) bien conservado por partes, cercano al área de explotación minera, con pinos de 12-15 m de alto y un sotobosque rico en endemismos. 2- Áreas naturales remanentes, que subsistían en franjas intensamente afectadas tanto por la actividad minera (laboreo y transporte) como por contaminación industrial de la planta metalúrgica Pedro Soto Alba -Moa Nickel (EPSA), que produce gases de SO<sub>2</sub>, SH<sub>2</sub> y otros, que dan lugar a lluvias ácidas (Instituto de Meteorología, 1995). Aquí se estableció una estación en el área mas expuesta denominada E-6: (40m snm), en una franja de Cupey remanente (*Clusea rosea* L), que estaba rodeada de un paisaje lunar y a menos de 100m de la planta metalúrgica. Por último se estableció la estación E-7: (100m snm) en un área de pinar bastante bien conservado con pinos robustos de 15 m de altura, en el lugar llamado Vista Alegre, que a pesar de estar rodeada de actividad minera (laboreo y transporte) y a menos de 1 km de la planta metalúrgica, conservaba las características típicas del pinar sobre lateritas (*sensu* Borhidi, 1991) por estar en un rellano, mas bajo que el nivel de la carretera que va a las áreas de laboreo, protegido del impacto directo de los gases de la planta de la EPSA. 3- Áreas de explotación minera que fueron rehabilitadas. El proceso de rehabilitación se lleva a cabo en dos etapas: a) Rehabilitación tecnológica, rellenando los huecos excavados por la minería, con el material de escombreras formado por las capas de suelo-subsuelo rechazado por la industria del níquel, y conformando el terreno de acuerdo a la topografía y el funcionamiento hidrológico aproximado del mismo y b) Rehabilitación biológica, acondicionando la plantación de especies forestales cultivadas en vivero, en que se usó según recomendaciones del Instituto de Investigaciones Forestales (IIF), 1 kg de materia orgánica (compost ó estiercol) por hoyo de siembra, excepto para áreas testigo. Las especies utilizadas fueron: *Casuarina equisetifolia* Fors (Casuarina), *Pinus*

*cubensis* Griseb (Pino) y *Anacardium occidentale* L (Marañón).

Las áreas rehabilitadas con especies forestales seleccionadas fueron:

E-8: Casuarina de 8 años de plantada; E-9: Casuarina de 8 años (Área Testigo); E-10: Casuarina de 4 años; E-11: Pino de 4 años; E-12: Marañón de 4 años de plantado. También se tomaron muestras en las primeras áreas rehabilitadas en Moa, ubicadas en el yacimiento Moa Occidental de la EPSA, en parcelas reforestadas hacia 16 años con Pino (E-13) y con Casuarina (E-14).

La caracterización florística de todas las áreas se basa en el estudio realizado por Oviedo, (1999).

En cada estación se seleccionaron parcelas de estudio donde se realizó un muestreo en forma aleatoria, colectando en tres sitios y en cada uno se tomaron tres muestras para determinar la cantidad de raíces y detritos en el suelo: de 0-10 cm y de 10-20 cm de profundidad, y en el horizonte orgánico (O): formado por la capa de hojarasca fresca y semi descompuesta donde aparecen las esteras radicales.

Las muestras se colectaron con cilindros de 5 cm de diámetro por 10 cm de alto. El material colectado, después de lavado en tamices con poros de 1 mm a 0.1mm y secado en estufa a 70° C, se pesó en balanza analítica y se separó en raíces y detritos. Todas las clases de raíces caen dentro del grupo de raíces finas para los bosques (< 1 mm de diámetro), según Herrera, (1988) y Hernández *et al.* (1991).

**Procesamiento estadístico de los datos.** Los datos se procesaron mediante un análisis de varianza de clasificación simple y las diferencias entre las medias se determinaron a través de la prueba de rangos múltiples de Duncan.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

**a) Áreas de bosque natural y áreas naturales remanentes.** En general todos los bosques naturales de esta región (E-1 a E-7) poseen una gruesa capa de hojarasca que varía de 804 a 2700 g.m<sup>-2</sup> -Tabla 1- Esta acumulación se debe a la esclerofilia típica de los bosques desarrollados sobre rocas ultramáficas, en suelos que son pobres en nutrientes y con altos contenidos de metales pesados. (Borhidi, 1991; Berazaín, 2003).

El área de pinar remanente de Vista Alegre (E-7) presentó los valores más altos y significativamente diferentes ( $p < 0.05$ ) de fitomasa subterránea total, de hojarasca y de detritos y raíces en el estrato 0-10cm (Tabla 1). El estrato 10-20cm no presenta diferencias significativas con la pluviisilva submontana (E-4) situada a la mayor altura de las áreas estudiadas. La fitomasa subterránea total promedio para el perfil (hojarasca + 0-10cm, 10-20 cm) fué de 4162 g.m<sup>-2</sup>, presentando los valores, más bajo y más alto, las áreas E-5 y E-6 (2899 - 6726 g.m<sup>-2</sup>) respectivamente. La Tabla 1 muestra que el promedio de la fitomasa del suelo se distribuye: 39.5% en el Horizonte O, el 41.3% en la capa 0-10 cm y sólo 19.2% en la capa 10-20 cm. Sin embargo, la mayor parte de los ecosistemas estudiados presentan diferencias notables en esta distribución. Así, el área remanente de *Clusea rosea* (Cupey) más afectada por la contaminación ambiental (E-6) posee uno

de los valores más altos de materia orgánica en el Horizonte O (2300 g.m<sup>-2</sup>), donde se concentra el 78%; mientras en E-3 (área de pluvisilva) se concentra sólo el 26% de la fitomasa del suelo (que comprende hojarasca, detritus y raíces). Por otra parte en E-6 las capas de suelo presentan los valores más bajos de los ecosistemas estudiados, lo que pudiera deberse a que la especie posee hojas muy coriáceas de difícil descomposición, lo que determina mayor acumulación y también influir el alto nivel de contaminación industrial, que afecta la actividad biológica del suelo, según señalaron para estas áreas Rodríguez *et al.* (1997).

Tabla 1. Características de la fitomasa del suelo (hojarasca, detritus y raíces) en g.m<sup>-2</sup>, según profundidades, en diferentes áreas de bosques en la región minera de Moa. E-1: pinar afectado por la tala selectiva, en proceso de recuperación, con abundantes latifoliadas y un dosel bastante cerrado. E-2: pinar abierto, con algunas afectaciones por la tala, y más expuesto a los vientos. E-3: pluvisilva submontana (200 m s n m). E-4: pluvisilva submontana (300 m s n m). E-5: Pinar natural degradado, cercano al área de explotación minera de la ECG. E-6: Área más expuesta a la contaminación, en una franja de Cupey (*Clusea rosea*) remanente, a 100m de la planta minero metalúrgica EPSA- Moa Nickel. E-7: pinar remanente bastante conservado, cercano a áreas explotadas por la minería en la zona de Vista Alegre.

Bosques	Hojarasca	0-10 cm	10-20 cm	Total
E-1	804 a (181)	1531 a (301)	632 a (46)	2967 a (519)
E-2	1583 b (135)	1021 a (319)	532 a (63)	3136 a (609)
E-3	1249 b (152)	2613 b (426)	947 b (102)	4809 b (817)
E-4	1987 c (188)	2194 b (342)	1503 c (218)	5684 b (919)
E-5	896 a (243)	1416 a (289)	587 a (289)	2899 a (710)
E-6	2300 c (450)	558 d (117)	100 d (36)	2958 a (618)
E-7	2700 d (241)	2700 c (501)	1326 c (327)	6726 c (1512)
<b>Promedio</b>	1645 (271)	1719 (307)	798 (186)	4162 (594)

( ) = Error Estándar de la media. Letras diferentes en la misma columna difieren significativamente para p < 0.05.

La fitomasa de raíces promedio (Tabla 2) en el Horizonte O, donde aparecen las esteras radicales, fue de 479 g.m<sup>-2</sup>, lo que representa el 21% de todo el perfil. En áreas de pluvisilva (E-3 y E-4) está capa alcanza 38% y 30% del perfil respectivamente, y el valor mas alto fue el de E-6, donde se concentra el 81% de la fitomasa de raíces en las esteras radicales., lo que se relaciona con la elevada acumulación de hojarasca de Cupey, ya comentada.

El promedio de la fitomasa de raíces para los diferentes tipos de bosques investigados (Horizonte O + capa 0-20 cm) fue de 2275 g.m<sup>-2</sup> (Tabla 2), representando el 54.7% de la materia orgánica del suelo (con relación al Promedio total de

la Tabla 1).

Samek (1973), obtuvo valores de la fitomasa de raíces (secadas al aire), de 408 a 982 g.m<sup>-2</sup>, en Pinares de Nipe, en perfiles de hasta 50 cm de profundidad; siendo mucho más bajos que los obtenidos en Moa para 20 cm de profundidad. Estas diferencias pueden deberse a que este autor no hace referencia a las raíces en el horizonte O, en el cual se concentra un porcentaje alto de las mismas. Dicho autor, observó que en los primeros 20 cm del suelo se concentraba entre el 67 y 88% de la fitomasa de raíces de todo el perfil analizado. Hernández y Sandrino (1986), hallaron porcentajes entre 65 y 81% de la fitomasa de raíces en la capa 0-20 cm para plantaciones y bosques de Cuba, en perfiles de hasta un metro de profundidad.

Hernández *et al.* (1991), obtuvieron valores de 550 g.m<sup>-2</sup> de raíces en las esteras radicales de bosques de pluvisilva en la Vía Mulata, provincia de Guantánamo y, Herrera y Rodríguez (1988) obtuvieron de 8 a 100 g.m<sup>-2</sup> de fitomasa de raíces en esta capa, en bosques siempreverdes de la Reserva de Biosfera "Sierra del Rosario", Pinar del Río. En estos bosques se encontraron fitomasas totales (raíces + detritus + hojarasca) de 530 a 1670 g.m<sup>-2</sup>; valores en general, más bajos que los encontrados en bosques de pino (2970 - 6740 g.m<sup>-2</sup>) y en pluvisilvas (4809-5684 g.m<sup>-2</sup>) de la región de Moa (Tablas 1 y 2).

En los bosques tropicales sobre suelos pobres y sometidos a un intenso régimen de lluvias, varios autores han señalado la importancia de la acumulación de hojarasca, la formación de esteras radicales y el desarrollo de asociaciones simbióticas con ecto y endomicorizas, como mecanismos de conservación de los nutrientes: Stark y Spratt, (1977); Rodríguez y Ulehlová, (1986); Cuevas y Medina, (1986 y 1988); Herrera y Rodríguez, (1988); Rodríguez, (1988), entre otros.

Tabla 2. Características de la fitomasa de raíces (g.m<sup>-2</sup>) según profundidades, en diferentes áreas de bosque natural en la región minera de Moa. (E-1 a E-7, igual que en Tabla 1).

Bosque	Esteras radicales	Prof. 0-20 cm	Total de raíces
E-1	470 a (120)	1911 a (220)	2381 a (356)
E-2	290 a (90)	1806 a (180)	2096 a (292)
E-3	1070 b (210)	1750 a (340)	2820 a (710)
E-4	876 b (280)	2017 a (410)	2893 a (816)
E-5	180 c (57)	924 b (146)	1104 b (282)
E-6	225 c (78)	53 d (12)	278 d (81)
E-7	240 c (100)	4112 c (500)	4352 c (912)
<b>Promedio</b>	479 (134)	1796 (469)	2275 (498)

( ) = Error Estándar de la media. Letras diferentes en la misma columna difieren significativamente para p < 0.05.

**b) Fitomasa subterránea en áreas rehabilitadas.** La fitomasa de raíces y detritos en la capa de suelo 0-10 cm (Fig. 1A) en plantaciones de pino, marañón y casuarina de las áreas rehabilitadas de la Empresa minera ECG, en relación con el bosque natural remanente de esta Empresa (E-5) son variables de acuerdo a la edad. En las áreas de Casuarina de 8 años (E8) comparada con un área testigo (E9), sin aplicación de materia orgánica, se observaron diferencias significativas de todos los componentes, debido a la importancia que la MO tiene en estos suelos tan pobres en nutrientes, señalada por Ortega (1996). Esta Casuarina de 8 años presentó 4,5 veces mayor producción de raíces que la Casuarina de 4 años (E10) y 76% mas contenido de detritos. Comparando las plantaciones de 4 años de Casuarina, Pino y Maraño (E10, E11, y E12, respectivamente), el pino presentó el valor de detritos mas alto e incluso 30% mayor que el bosque remanente. (Fig. 1A).

En la Fig. 1B, las áreas rehabilitadas de la EPSA (Pino y Casuarina de 16 años de plantadas -E13 y E14-), se comparan con el bosque natural remanente de Vista Alegre (E-7). Los valores más altos se presentan en la Casuarina, con fitomasa subterránea de 1179 g.m<sup>-2</sup>, correspondiendo el 78.7% a las raíces. Este contenido de raíces no mostró diferencias significativas con el bosque remanente (E7) pero sí con la plantación de Pino, con la que resulta 12 veces mayor. En cuanto al contenido de detritos los valores absolutos entre las dos plantaciones no resultan significativamente diferentes, pero en valores relativos en Pino de 16 años representa el 76% de la fitomasa subterránea total, mientras en Casuarina sólo representa el 21%. En general, las plantaciones evaluadas en Moa de Pino hacen mayor aporte de detritos y las de Casuarina, mayor aporte de raíces. El aporte total de raíces fue equivalente al 69,3% la fitomasa subterránea total encontrada en el bosque natural de Vista Alegre.

Según Hernández y Sandrino (1986), en la región occidental de Cuba y en suelos no tan pobres como los de Moa, se encontraron valores muy bajos de fitomasa de raíces con relación a la parte aérea en plantaciones de *Pinus caribaea* Morelet. También Hernández *et al.*, 1991; relacionando la fitomasa de raíces finas en diferentes tipos de bosques de Cuba, observaron que los valores más bajos se producían en los pinares, a pesar de que crecen y se cultivan en los suelos más pobres, presentando un sistema radical poco amplio, lo que puede estar relacionado con una mayor eficiencia del mismo, por la conocida simbiosis que mantienen con las micorrizas.

Estos resultados nos demuestran, que los pinares de Cuba, a pesar de que crecen y que se cultivan en los suelos más pobres, tienen un sistema radical poco amplio, lo que puede estar relacionado con una mayor eficiencia del mismo, por la conocida simbiosis que mantienen con la micorriza.

Por lo observado en las plantaciones estudiadas, debe priorizarse la siembra de *Pinus cubensis*, que aunque crece mas lentamente, hace un aporte importante de detritos al suelo y permite, por ser una especie endémica y componente esencial de las formaciones vegetales de la zona, restaurar los ecosistemas naturales afectados por la minería, permitiendo, a partir de los 10 años de plantado, la recolonización de especies endémicas (Rodríguez *et al.* 2003, 2004). La Casuarina, especie introducida, debe usarse sólo en casos extremos y en lugares donde no se pueda sembrar el pino.

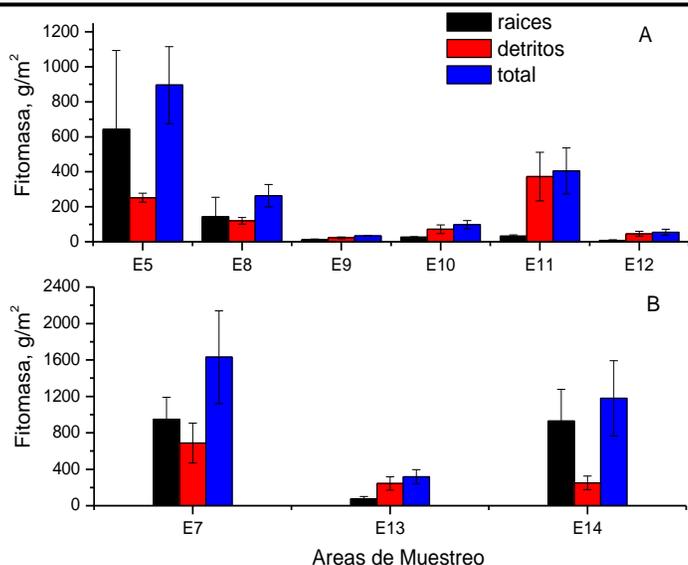


Fig. 1. A- Componentes de la fitomasa subterránea (raíces, detritos y total) en áreas rehabilitadas de la Empresa E. Ché Guevara. E5= Bosque natural remanente; E8= plantación de Casuarina de 8 años; E9= Casuarina de 8 años Testigo; E10= Casuarina de 4 años, E11= Pino 4 años; E12= Maraño 4 años. B- Áreas rehabilitadas de la Empresa P. Soto Alba. E7= Bosque natural remanente; E13= Plantación de Pino de 16 años; E14= Casuarina de 16 años.

## CONCLUSIONES

- Los bosques naturales de esta zona de Moa (E-1 a E-7) poseen una gruesa capa de hojarasca que varía de 804 a 2700g.m<sup>-2</sup>
- La fitomasa subterránea total promedio para el perfil (hojarasca + 0-20 cm) fué de 4162 g.m<sup>-2</sup>, presentando los valores, más bajo y más alto, la pluvisilva submontana E-5 y el área remanente de *Clusea rosea* E-6 (Cupey), con 2899 y 6726 g.m<sup>-2</sup>, respectivamente .
- La fitomasa de raíces en el horizonte orgánico (O) con formación de esteras radicales, tuvo un promedio de 479 g.m<sup>-2</sup>, lo que representa el 21% de todo el perfil. En las áreas naturales evaluadas la proporción de esta capa varió de 5% en E-7 (Vista Alegre) a 81% en la franja de Cupey; en las pluvisilvas (E-3 y E-4) con las fitomasas radicales más altas: 1070 y 876 g.m<sup>-2</sup>, éstas representaron 30% a 38% del perfil.
- El promedio de la fitomasa de raíces en los diferentes tipos de áreas naturales (Horizonte O + capa 0-20 cm) fue de 2275 g.m<sup>-2</sup> representando el 54.7% de la materia orgánica del suelo con relación al promedio total de fitomasa ( hojarasca, detritos y raíces).
- Comparando las plantaciones de 4 años de Casuarina, Pino y Maraño (E10, E11, y E12, respectivamente) de la EECG. el pino presentó el valor de detritos mas alto e incluso 30% mayor que el bosque remanente cercano.
- En las áreas rehabilitadas de Pino y Casuarina de 16 años de plantadas -E13 y E14- de la EPSA los valores más altos de fitomasa subterránea se produjeron en Casuarina, con 1179 g.m<sup>2</sup>, correspondiendo el 78.7% a las raíces. Este contenido de raíces no mostró diferencias significativas con el bosque remanente (E7) pero sí con la plantación de Pino, que tuvo un valor mucho menor. En cuanto al

contenido de detritos los valores absolutos entre las dos plantaciones no resultan significativamente diferentes, pero en valores relativos en el Pino representa el 76% de la fitomasa subterránea total, mientras en Casuarina sólo representa el 21%. En general, las plantaciones evaluadas en Moa de Pino hacen mayor aporte de detritos y las de Casuarina, mayor aporte de raíces.

## REFERENCIAS

- Berazain, R. 2003. Moa. *Paraíso de los botánicos*. IV Conferencia Internacional sobre Ecología de Serpentina. JBN, La Habana, Abril 21-26 2003. Programa y Resúmenes: 70-80.
- Borhidi, A. 1991. *Phytogeography and Vegetation Ecology of Cuba*. Akadémiai Kiadó. Budapest.
- Cuevas, E. y E. Medina. 1986. Nutrient dynamics within Amazonian forest ecosystems. I- Nutrient flux in fine litter and efficiency of nutrient utilization. *Oecologia* (Berlín) 68: 466-472.
- Cuevas, E. y E. Medina. 1988. Nutrient dynamics within Amazonian forests. II. Fine roots growth, nutrient availability and leaf litter decomposition. *Oecologia* (Berlín) 76 : 222-235.
- Hernández Jiménez A, M. O. Ascanio García y M. Morales Díaz 2001. *Clasificación de los suelos en Cuba*. Inst. Suelos. Ministerio de Agricultura, 31 pp. (14).
- Hernández, L. y B. Sandrino. 2006. Dinámica de la fitomasa aérea en una plantación de *Pinus caribaea* Morelet, en el distrito forestal San Andrés, provincia de Pinar del Río, Cuba. *Acta Bot. Cub.* No 191, pp. 26-30 .
- Hernández, L. 1984. Las hojas y su relación con la productividad en una plantación de *Hibiscus elatus* Sw., en Sierra del Rosario, Cuba. *C. Biol.* 13: 19-27.
- Hernández L. y B. Sandrino. 1986. El sistema radical y su relación con la productividad en una plantación de *Pinus caribaea* Morelet, en Cuba. *C. Biol.* 16: 57-67.
- Hernández L., R. Herrera y K. Fiala. 1991. Fine root biomass in various types of Cuban forests. En: *III Symposium on Roots Ecology*. Viena. Abstracts. p. 140.
- Herrera, R. A. y M. E. Rodríguez. 1988. Clasificación funcional de los bosques tropicales. En: R. Herrera, L. Menéndez , M.E. Rodríguez y E.E. García (Eds.): *Ecología de los Bosques Siempreverdes de la Sierra del Rosario, Cuba*. Proyecto MAB no. 1, 1974- 1987. ROSTLAC, Montevideo, Uruguay, 1988. pp. 574-626.
- Herrera, R.A. 1988. Los sistemas radicales en los bosques tropicales. En: R. Herrera, L. Menéndez , M.E. Rodríguez y E.E. García (eds.): *Ecología de los Bosques Siempreverdes de la Sierra del Rosario, Cuba*. Proyecto MAB no. 1, 1974 - 1987. ROSTLAC, Montevideo, Uruguay, 1988. pp 407-433.
- Instituto de Meteorología. 1995. Estudio sobre las deposiciones atmosféricas de la zona noreste de las provincias orientales. Informe de Tema de investigación. ISMET, CITMA.
- López, A. A., M. Rodríguez y A. Cárdenas. 1994. El endemismo vegetal en Moa-Baracoa (Cuba oriental). *Fontqueria* 39: 433-473.
- Ortega, F. 1982. *La materia orgánica de los suelos y el humus de los suelos de Cuba*. Editora de la Academia de Ciencias, Cuba.
- Oviedo, R. 1999. Caracterización florística de las áreas de estudio. En: M.E. Rodríguez, Y. Torres, R. Oviedo, L. Hernández et al.: Informe Final del Proyecto “Influencia de la actividad minera en la biodiversidad y el funcionamiento de los bosques de Moa”. Instituto de Ecología y Sistemática, CITMA, Ciudad de La Habana, Cuba. pp. 40-47.
- Rodríguez, M. E. 1988. Ciclo de nutrientes y estrategias para su conservación en el ecosistema. En: R. Herrera, L. Menéndez , M.E. Rodríguez y E.E. García (eds.): *Ecología de los Bosques Siempreverdes de la Sierra del Rosario, Cuba*. Proyecto MAB no. 1, 1974-1987. ROSTLAC, Montevideo, Uruguay. pp. 709-731.
- Rodríguez, M. E. y B. Ulehlová. 1986. Ciclo de los macronutrientes en el sistema detritus-suelo, en dos ecosistemas de bosque en Sierra del Rosario. *Rev. del Jardín Bot. Nac.* 7(1): 63-72.
- Rodríguez, M.E., O. Mercado y M.A., Martínez. 1987. Actividad biológica del suelo en áreas afectadas por la minería en Moa. *Rev. del Jardín Bot. Nac* 8 (2): 81-89.
- Rodríguez M.E., Y. Torres, R. Oviedo, L. Hernández et al. 1999. Informe Final del Proyecto “Influencia de la actividad minera en la biodiversidad y el funcionamiento de los bosques de Moa”. Instituto de Ecología y Sistemática , CITMA, La Habana, pp. 85.
- Sagué, H y L. Hernández. 1976. Estructura del sistema radical en dos comunidades vegetales de suelos montañosos. *Inf. Cient. Tecn.* Inst. de Zoología ACC. No. 41: 1-9.
- Samek, V. 1973. Pinares de Sierra de Nipe. Estudio sincológico. *Serie Forestal* ACC. 14:1- 47.
- Start, N. y M. Spratt. 1977. Root biomass and nutrient storage in rain forest Oxisols near San Carlos de Rio Negro. *Tropical Ecology* 18 (1): 1-9.

---

**Luis Hernández.** Inv. Auxiliar. Master en Ecología y Sistemática Aplicada. División Ecología. Instituto de Ecología y Sistemática.  
✉ wicho@ecologia.cu

---