

Impacto ambiental del bambú (*Bambusa vulgaris* var. *vulgaris*. Schrad) en comparación con otras coberturas forestales sobre un suelo Pardo Ocrico Sin Carbonato.



**UNIVERSIDAD CENTRAL "MARTA ABREU"
DE LAS VILLAS
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS**

Tesis presentada en opción al Título de Master en Ciencias.

Título: Impacto ambiental del bambú (*Bambusa vulgaris* var. *vulgaris*. Schrad) en comparación con otras coberturas forestales sobre un suelo Pardo Ocrico sin Carbonato.

Aspirante: Ing. Erduin Oramas Espinosa

Tutor: Dr. C. Pedro I. Cairo Cairo

Consultantes: Dr. C. Joaquín Machado de Armas

MSc. Reinaldo Quiñones Ramos



Impacto ambiental del bambú (*Bambusa vulgaris* var. *vulgaris*. Schrad) en comparación con otras coberturas forestales sobre un suelo Pardo Ocríco Sin Carbonato.

Pensamiento

La tierra no la heredamos de nuestros padres, La hemos pedido prestada a nuestros hijos.

José Martí

Impacto ambiental del bambú (*Bambusa vulgaris* var. *vulgaris*. Schrad) en comparación con otras coberturas forestales sobre un suelo Pardo Ocrico Sin Carbonato.

Dedicatoria

- Dedico esta investigación a mi familia, que me ha guiado por el camino correcto, me han comprendido y respetado mi sentir.
- A la Revolución, que me ha permitido llegar a un alto nivel instructivo, el cual no hubiera alcanzado por la condición humilde de mis antecesores.
- A Dios que me ha permitido salud para seguir adelante.

Impacto ambiental del bambú (*Bambusa vulgaris* var. *vulgaris*. Schrad) en comparación con otras coberturas forestales sobre un suelo Pardo Ocríco Sin Carbonato.

Agradezco sinceramente

- Al colectivo técnico de la Empresa Forestal Integral Villa Clara, por la ayuda brindada en los análisis y resultados de este trabajo, en especial al MSc Mario Céspedes Marín, y al Ing Yobany Benítez Martínez.
- A los investigadores de la Estación Experimental Forestal Placetas, por la ayuda brindada en la realización de los análisis e interpretación de los resultados.
- Al colectivo técnico del laboratorio de suelos del CIAP, por el esfuerzo y dedicación en la realización de los muestreos, análisis realizados, y esmero en la culminación de la investigación.
- A Aida Cuan Chong, por la ayuda brindada en la realización de los análisis químicos de suelo.
- Al MSc. Domingo Ballate Denis, por la incalculable ayuda brindada en la realización de los muestreos y la interpretación de los resultados.
- A René Cupul, por la ayuda brindada en la realización de los análisis microbiológicos.
- Al Dr. C. Joaquín Machado de Armas por sus oportunas consideraciones.
- A mi tutor Dr. C. Pedro I. Cairo Cairo, por conducir la investigación de forma inteligente, logrando que hoy pueda tener dominio del trabajo realizado.
- A todos los que de forma desinteresada me brindaron su ayuda.

Impacto ambiental del bambú (*Bambusa vulgaris* var. *vulgaris*. Schrad) en comparación con otras coberturas forestales sobre un suelo Pardo Ocríco Sin Carbonato.

Resumen

Con el objetivo de estudiar el impacto ambiental del bambú (*Bambusa vulgaris* var. *vulgaris* Schrad) en comparación con otras coberturas forestales sobre un suelo Pardo Ocríco sin Carbonato, se realizaron diferentes muestreos en áreas de la Finca Forestal El Sijú, la cual tiene alturas que oscilan entre 200 y 328 msnm. Se seleccionaron 8 zonas; de ellas seis son plantaciones de varias especies con 5 y 10 años de establecidas, un bosque natural de 45 años, y una superficie deforestada. Se determinó la cantidad de hojarasca que recibe el suelo en las diferentes zonas, así como su contenido de N, P, K, materia orgánica, ceniza y relación C/N. La macrobiota del suelo fue muestreada en la zona de influencia del árbol y entre hileras, además se determinaron las UFC de Bacterias, Hongos y Actinomicetos. El efecto de las coberturas sobre las propiedades físico - químicas del suelo se determinó tomando muestras de 0 a 20 cm de profundidad. Las pérdidas de suelo por erosión hídrica en cada zona se determinaron utilizando la metodología FAO 1980. Para completar el estudio de impacto se estimó la retención de carbono existente en cada zona por medio del sistema automatizado Sumidero Forestal (SUMFOR, v.2.12). Los resultados de las propiedades físico – químicas del suelo fueron procesados por técnicas de análisis de varianza multifactorial, determinándose las diferencias de las medias por la prueba de Duncan, empleándose el paquete estadístico StatGraphics PLUS 5,1, sobre Windows. Los resultados muestran que la zona 2, recibe la mayor cantidad de hojarasca de las coberturas semicaducifolias. Las propiedades físico – químicas y biológicas del suelo varían en relación con la cobertura de la zona, destacándose las zonas 1 y 2, la zona 7 presenta la influencia menos efectiva de la cobertura sobre el suelo. La zona 8 tiene los valores más bajos de los estudios realizados. La estimación de retención de carbono y las pérdidas de suelo por erosión presentan a la zona 2 con valores altos, con pronóstico a disminuir estos.

Impacto ambiental del bambú (*Bambusa vulgaris* var. *vulgaris*. Schrad) en comparación con otras coberturas forestales sobre un suelo Pardo Ocrico Sin Carbonato.

Tabla de contenido.

1	Introducción.....	1
2	Revisión Bibliográfica.....	4
2.1	El suelo y su degradación.....	4
2.2	Relación de la materia orgánica con las propiedades del suelo.....	6
2.3	El bosque y su función protectora sobre el suelo.....	7
2.4	Contribución de las raíces, la hojarasca y la copa de los árboles en la fertilidad de los suelos.....	11
2.5	Los micro y macroorganismos como índice de la calidad del suelo.....	13
2.6	Suelo, calidad y medio ambiente.....	15
2.7	Superficie forestal. Situación en el área geográfica.....	17
2.8	Composición de especies, situación actual en Villa Clara.....	18
2.9	Características e importancia de la especie bambú (<i>Bambusa vulgaris</i> var. <i>vulgaris</i> Schrad).	19
2.10	Suelo y bosque, su función en la retención de carbono.....	20
2.11	Almacenamiento del carbono en los suelos.....	21
2.12	Almacenamiento del carbono en la fitomasa.....	24
3	Materiales y Métodos.....	26
3.1	Ubicación geográfica.	26
3.2	Datos climáticos.....	26
3.3	Características del suelo.....	27
3.4	Relieve.....	27
3.5	Localización de las zonas de estudio.....	27
3.5.1	Descripción de las zonas de estudio.....	28
3.6	Metodología empleada en los muestreos.	30
3.6.1	Evaluación del aporte de biomasa por zonas.....	30
3.6.2	Análisis microbiológicos.....	30
3.6.3	Caracterización microbiológica del suelo.....	30
3.6.4	Muestreos de suelo.....	37
3.7	Metodología de los análisis realizados.....	31
3.7.1	Análisis químico de la biomasa.....	31
3.7.2	Análisis microbiológicos de suelo.	31
3.7.3	Análisis físicos de suelo.....	32
3.7.4	Análisis químicos de suelo.....	33

Impacto ambiental del bambú (*Bambusa vulgaris* var. *vulgaris*. Schrad) en comparación con otras coberturas forestales sobre un suelo Pardo Ocríco Sin Carbonato.

	3.8	Retención de Carbono.	33
	3.8.1	Estimación de biomasa.....	34
	3.8.2	Estimación del contenido de carbono.....	34
	3.9	Evaluación de las pérdidas de suelo por erosión hídrica.....	35
	3.10	Análisis estadísticos.....	38
4		Resultados y Discusión.....	39
	4.1	Biomasa depositada sobre el suelo.....	39
	4.2	Composición química de la biomasa en las diferentes zonas de estudio	40
	4.3	Efecto de los tratamientos sobre los microorganismos del suelo.....	42
	4.4	Efecto de los tratamientos sobre la macrofauna en las zonas en estudio.....	45
	4.4.1	Efecto de los tratamientos sobre la diversidad de la macrofauna del suelo en las diferentes zonas.	48
	4.4.2	Efecto de los tratamientos sobre la densidad poblacional de la clase Oligochaeta en el suelo de las zonas en estudio.....	50
	4.5	Efecto de los tratamientos sobre algunas propiedades físicas.....	52
	4.6	Efecto de los tratamientos sobre la fertilidad del suelo.....	55
	4.7	Estimación del secuestro de carbono realizado por las diferentes zonas en estudio.	62
	4.8	Efecto de los tratamientos sobre la degradación de los suelos por erosión, en las diferentes zonas de estudio.....	64
5		Conclusiones.....	66
6		Recomendaciones.....	67
		Referencias	

Anexos

1. Introducción

Impacto ambiental del bambú (*Bambusa vulgaris* var. *vulgaris*. Schrad) en comparación con otras coberturas forestales sobre un suelo Pardo Ocríco Sin Carbonato.

En su obra, “El papel del trabajo en la transformación del mono en hombre”, citado por Barroso (2000), decía Federico Engels: “Cuando en Cuba los plantadores españoles quemaban los bosques en las laderas de las montañas para obtener con la ceniza un abono que solo les alcanzaba para fertilizar una generación de cafetos de alto rendimiento, ¡poco les importaba que las lluvias torrenciales de los trópicos barriesen la capa vegetal del suelo, privada de la protección de los árboles, y no dejaran tras de sí más que rocas desnudas!”. En otra parte de la citada obra añadía: “Nos hallamos en condiciones de prever, y, por tanto, de controlar cada vez mejor las remotas consecuencias naturales de nuestros actos”.

Actualmente en Cuba, debido al redimensionamiento en algunos sectores de la agricultura, se están incorporando áreas a la actividad forestal. Estas áreas, generalmente, son suelos que tienen algún grado de degradación debido a la actividad intensiva a la cual estaban sometidos, con la incorporación de estos a la actividad forestal se espera un mejoramiento de los mismos, debido al contenido de nutrientes que incorporan los árboles como formadores y protectores de suelo .

Actualmente el Plan de Desarrollo Forestal hasta el 2015 en la provincia de Villa Clara tiene entre sus objetivos lograr una cobertura boscosa del 27 %. (SEF, 2010). Existe para lograr este objetivo un plan de reforestación por especies, donde se destacan especies del género *Bambusa*, dado a los beneficios ambientales y sociales de estas sobre el ecosistema.

No es suficiente una descripción físico-química para explicar la dinámica de la fertilidad de un bosque, ya que se trata de un sistema vivo, en el cual las múltiples interacciones biológicas, más el potencial energético de los aportes vegetales, originan un equilibrio biopedológico para cada ecosistema (*Frioni*, 1990; Torres y Abril, 1996).

La presencia de mantillo (hojas, ramas, frutos, corteza y hasta árboles enteros) representa una acumulación provisional de elementos que se liberan de manera

Impacto ambiental del bambú (*Bambusa vulgaris* var. *vulgaris*. Schrad) en comparación con otras coberturas forestales sobre un suelo Pardo Ocríco Sin Carbonato.

gradual, garantizando el aporte permanente de nutrientes al suelo, (Hernández *et al.*, 1992; Lodhiyal y Lodhiyal, 1997). Al descomponerse estos residuos liberan elementos que son reutilizados por árboles en crecimiento.

Los bosques absorben CO₂ de la atmósfera y lo almacenan como carbono, no solo en la biomasa sino también en el subsuelo lo que supone una reducción de la cantidad de CO₂ presente en el aire. Los bosques cubren aproximadamente el 29 por ciento de las tierras y contienen el 60 por ciento del carbono de la vegetación terrestre. En esta línea se ha sugerido que un aumento de la superficie forestal puede ayudar a mitigar el efecto calentamiento y el posible cambio climático, al menos en el corto plazo (Sedjo y Solomon, 1989; Van Kooten *et al.*, 1995; Adams *et al.*, 1999).

La posibilidad de utilizar el crecimiento de masas forestales como forma de almacenamiento de carbono también ha recibido una creciente atención por parte de los gestores públicos para afrontar el posible cambio climático (Bruce *et al.*, 1996).

En la Estrategia Nacional Ambiental de Cuba se han identificado entre los cinco problemas ambientales, cuatro que se relacionan directa o indirectamente con la actividad agropecuaria y forestal:

- ✓ La degradación de los suelos.
- ✓ La deforestación.
- ✓ La contaminación de las aguas.
- ✓ La pérdida de la diversidad biológica.

La provincia de Villa Clara estuvo sometida durante largos períodos de tiempo a altas tasas de deforestación por la agricultura cañera y no cañera que contribuyeron a incrementar los índices de degradación de los suelos, a lo que se unió además, la no-realización de medidas antierosivas, la insuficiente aplicación

Impacto ambiental del bambú (*Bambusa vulgaris* var. *vulgaris*. Schrad) en comparación con otras coberturas forestales sobre un suelo Pardo Ocríco Sin Carbonato.

de materia orgánica, abonos verdes, etc., el mal manejo y acondicionamiento de los suelos, la quema de residuos, indisciplina tecnológica, falta de un ordenamiento territorial, existencia de tierras ociosas y sobre pastoreo, entre otras.

Hipótesis.

La introducción de especies forestales en un ecosistema degradado, pudiera producir beneficios cualitativos y cuantitativos en cuanto al mejoramiento de las condiciones medio ambientales del ecosistema objeto de estudio.

Objetivo general:

1. Evaluar el impacto ambiental del bambú (*Bambusa vulgaris* var. *vulgaris* Schrad), en comparación con otras coberturas forestales sobre un suelo Pardo Ocríco Sin Carbonato.

2. Objetivos específicos:

1. Cuantificar y caracterizar la hojarasca de las coberturas forestales objeto de estudio.
2. Determinar la influencia de *Bambusa vulgaris* en comparación con otras coberturas forestales sobre las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo.
3. Estimar la retención de carbono y pérdidas de suelo por erosión en las diferentes zonas en estudio.

2. Revisión Bibliográfica.

Impacto ambiental del bambú (*Bambusa vulgaris* var. *vulgaris*. Schrad) en comparación con otras coberturas forestales sobre un suelo Pardo Ocríco Sin Carbonato.

2.1 El suelo y su degradación.

El suelo es consecuencia de la naturaleza, constituye el hábitat de las plantas, que a la vez favorecen su desarrollo y además es el medio de mayor importancia en el desarrollo de los cultivos. Constituye el elemento indispensable donde se aplicarán los fertilizantes ecológicos, ya que son ellos el sostén y el sustento de los cultivos agrícolas, las propiedades de los suelos determinan, en última instancia, que un sistema de cultivos se pueda desarrollar de manera sostenible en ellos y que demanda de nutrientes requieren las plantas para proporcionar rendimientos adecuados. (Muñiz, 2001).

La protección del recurso suelo ha sido tema de preocupación permanente del estado cubano; muestra de ello es la creación de las instituciones docentes de investigación y desarrollo y el servicio estatal en esta actividad lo cual permite mostrar resultados como los mapas nacionales de suelos a escalas pequeñas y medianas, con un nivel de información que numerosos países no poseen a pesar de contar con muchos más recursos financieros que el nuestro. (Instituto de Suelos, 2001).

En el desarrollo de la agricultura es necesario lograr estabilidad en el ciclo biológico «clima-suelo-planta» para obtener los máximos beneficios de los recursos de que dispone y proteger y conservar el medio ambiente. (Cairo *et al* .,1996 citado por Ríos, 2010). Este desarrollo anteriormente dicho y su correspondiente exportación de productos, significó un desequilibrio o desbalance en el sistema «suelo-planta» desfavorable para el suelo lo que contribuyó a su degradación en sus condiciones de vida y potencial productivo; entonces y desde entonces existió la necesidad de restituir a los suelos, al menos en parte, lo que se extrae de ellos con la producción agrícola, como complemento y para satisfacer

Impacto ambiental del bambú (*Bambusa vulgaris* var. *vulgaris*. Schrad) en comparación con otras coberturas forestales sobre un suelo Pardo Ocríco Sin Carbonato.

esas necesidades surgieron los abonos orgánicos que por la forma de obtención y por su composición química resultó el material ideal para mantener las propiedades químicas, físicas y biológicas de los suelos y conservar su capacidad productiva. (Paneque y Calaña, 2004).

El uso indiscriminado de los suelos y el mal manejo del mismo, son factores que provocan su degradación, esto se ve reflejado en el agotamiento de sus recursos naturales y fertilidad, además del laboreo mediante tecnologías convencionales. Dorronsoro (1997) citado por Gómez (2005) argumenta que el suelo es esencial en la producción agrícola, soporte del cultivo, reserva de agua y nutrientes. No se trata de un medio inerte e inestable, sino de un sistema complejo con componentes físicos, químicos y biológicos interactuando en equilibrio dinámico, sobre el que intervienen diversas prácticas agrícolas.

Existe la conciencia de que hay mucho por hacer y que los suelos están empobrecidos, como consecuencia de las deficientes prácticas agrícolas, pero así mismo si cambiamos nuestra manera de actuar e investigamos nuevas maneras de producir en base a la utilización de abonos orgánicos como los Bokachis, bioles, compost, humus de lombriz, uso de plaguicidas, fungicidas, herbicidas naturales, podríamos obtener rendimientos altos (Monografías.com, 2003).

La elevada tasa de deforestación en los países tropicales (17 millones de ha/año) no solamente tiene efectos locales como la degradación de los suelos y la pérdida de su productividad, sino que también contribuye con una cuarta parte en las emisiones de CO₂ y otros gases hacia la atmósfera, proceso que causa cambios climáticos globales contribuyendo a la pérdida de la biodiversidad en los bosques naturales y al desequilibrio de otros ecosistemas terrestres (Ibrahim *et al.*, 1999).

2.2 Relación de la materia orgánica con las propiedades del suelo

Impacto ambiental del bambú (*Bambusa vulgaris* var. *vulgaris*. Schrad) en comparación con otras coberturas forestales sobre un suelo Pardo Ocríco Sin Carbonato.

La fertilidad y capacidad productiva de nuestros suelos dependen en gran medida del contenido de humus y también de la materia orgánica que influye en las características químicas como de la capacidad de absorción de cationes (capacidad de intercambio catiónico) suministro de nutrientes a las plantas (tanto cationes adsorbidos a su superficie Ca^{2+} , Mg^{2+} , NH_4^+ y micro elementos) como los librados como la materia orgánica se mineraliza; N, S y P entre otros que forman parte constituyente de la misma, es decir, influye tanto en el régimen de los nutrientes como en la capacidad transformadora del suelo (Cairo y Fundora, 1994; citado por Morales, 2003).

La materia orgánica fija iones de la solución del suelo los cuales quedan débilmente retenidos, están en posición de cambio, evita por tanto que se produzcan pérdidas de nutrientes en suelo la capacidad de cambio es decir 3 a 5 veces, por lo tanto una buena reserva de nutrientes influyen en el estado de dispersión / floculación del suelo y es un agente de alteración por su carácter ácido. (Fernández *et al.*, 2003; citados por Ríos, 2010).

La materia orgánica ejerce el papel central en el almacenaje de los nutrientes y su liberación en forma asimilable para las plantas (Crespo *et al.*, 2003).

La materia orgánica merece también un análisis particular por su efecto sobre el suelo y los rendimientos, no solo se relaciona con estas propiedades desde el punto de vista físico y químico ya estudiada sino también en el rendimiento. Cabrera *et al.*, (2000) en su tesis de doctorado realizada en vertisoles de la provincia de Ciego de Ávila obtiene una correlación muy estrecha de la materia orgánica con otros indicadores físicos del suelo y también con el rendimiento, lo cual argumenta con más peso su papel de recuperación y mejoramiento de los suelos.

Impacto ambiental del bambú (*Bambusa vulgaris* var. *vulgaris*. Schrad) en comparación con otras coberturas forestales sobre un suelo Pardo Ocríco Sin Carbonato.

La materia orgánica no solo resulta un factor de gran importancia en el suministro de nutrientes sino también en la formación de la estructura del suelo así como la eficiencia de la fertilización nitrogenada. (Pineda, 2002).

2.3 El bosque y su función protectora sobre el suelo.

Los vegetales como es sabido, crecen y se desarrollan gracias a los nutrientes que sus raíces toman del medio ambiente, con la muerte y caída de las hojas, dichos nutrientes, por mineralización, se restituyen al medio que les dio origen, de forma más o menos rápida, según las condiciones que el medio presente, tornándose nuevamente disponibles para la nutrición vegetal, constituyendo de esta forma un ciclo nutricional, salvo su pérdida por otra causa. (Geigel, 1977)

En la actualidad, según Herrero (2005) son cada vez menos los silvicultores cuya visión del manejo forestal se centra únicamente en la madera, ahora se entiende con mayor claridad que los servicios que brindan los bosques son mucho más importantes que los propios recursos madereros.

Es importante señalar que durante muchos años, el fin último del manejo forestal fue lograr el rendimiento sostenido de las masas forestales, esto es el abastecimiento continuo y regular de los productos deseados (en este caso casi siempre madera) a la capacidad plena del bosque y de la forma más práctica y financieramente más ventajosa. (Hernández, 2001)

Sin embargo actualmente y desde hace ya algún tiempo, la validez de la doctrina del rendimiento sostenido ha estado sujeta a serios cuestionamientos y controversias, debido principalmente a que el “rendimiento sostenido” sólo ponía énfasis en la producción continua y regular de los productos deseados, y no precisamente en la conservación de los ecosistemas, ni en el beneficio colectivo de los recursos forestales, sino más bien correspondía a un objetivo económico-industrial.

Impacto ambiental del bambú (*Bambusa vulgaris* var. *vulgaris*. Schrad) en comparación con otras coberturas forestales sobre un suelo Pardo Ocríco Sin Carbonato.

En la actualidad se trabaja en la obtención de un conjunto de beneficios producidos por los bosques en el ecosistema, entre ellos, la cubierta forestal que según Young (1989) tiene la ventaja de que debido a la alta producción de biomasa favorece el aumento de carbono y los productos de sus transformaciones pueden mejorar algunas propiedades del suelo como son la permeabilidad, la estructura y capacidad de retención de agua. En contraposición a esto Fair, (1989) plantea que debido a la cosecha de árboles se pueden perder del suelo gran cantidad de nutrimentos, este mismo autor refiere que la materia orgánica juega un papel primordial en la conservación de la fertilidad del suelo.

Stevenson y Elliott (1989) citados por Noval (2000), plantean que una parte importante de la materia orgánica es el humus, el cual actúa directamente de forma positiva sobre las propiedades físico, químicas y biológicas del suelo. Además la materia orgánica tiene función nutricional ya que sirve de reservorio de nutrimentos como N, P, S, importantes en el crecimiento de las plantas, físicamente promueve una buena estructura del suelo, y biológicamente funciona como fuente de energía para microorganismos, por lo tanto cambios en la cobertura del suelo, puede ocasionar una disminución rápida de la materia orgánica en el suelo.

El nitrógeno (N) es un elemento indispensable para la fotosíntesis; es decir, para que las plantas fijen el carbono del aire, acumulen materia seca y produzcan rendimientos económicamente atractivos. Sin embargo, el N es un nutriente casi universalmente deficiente en los suelos por las pérdidas de este elemento causadas por el mal manejo a que, por lo general, son sometidos los suelos y por el abuso que se hace de sus reservas orgánicas. Ello ocasiona que, en general, el N se deba agregar al suelo en grandes cantidades como fertilizante nitrogenado o abono orgánico, para satisfacer la demanda de los cultivos, especialmente los monocultivos. Sólo una parte de este N adicionado puede ser usada por las plantas en el corto plazo, y el resto se escapa hacia estratos más profundos del

Impacto ambiental del bambú (*Bambusa vulgaris* var. *vulgaris*. Schrad) en comparación con otras coberturas forestales sobre un suelo Pardo Ocríco Sin Carbonato.

suelo o hacia la atmósfera, pudiendo llegar a ser fuente de contaminación en ambos casos.

El N es el elemento mayormente limitante para la productividad de los agrosistemas. (Carvajal, 1984). Las especies de árboles y las prácticas de manejo, tales como el régimen de podas del árbol, pueden afectar la disponibilidad del N en el suelo. Por ello, las tasas de mineralización de N pueden diferir entre agroecosistemas, dado a que las prácticas de manejo influyen sobre la temperatura del suelo, disponibilidad de agua, cantidad y calidad del sustrato y últimamente la mineralización de la materia orgánica del suelo (Babbar y Zak, 1995).

El trinomio bosque, agua y suelo establecen una cadena en la cual la alteración de su primer eslabón desencadena una alteración en el ciclo hidrológico, la erosión entre otros. En el orden inverso cualquier medida que contribuya a mitigar o eliminar los fenómenos erosivos también contribuye al restablecimiento de las condiciones hidrológicas normales en una zona determinada (FAO, 2009).

Un control efectivo de la erosión implica:

- ✓ Proteger el suelo del impacto de las gotas directas de lluvia.
- ✓ Eliminar o disminuir al mínimo el volumen de escorrentía superficial.
- ✓ Disminuir la velocidad de las aguas superficiales.

Cuando el bosque mantiene un buen estado en su estrato vertical, formado principalmente por estratos arbóreos, arbustivos y herbáceos, prácticamente se suprime la erosión. Esto obedece a varias causas en las que sobresalen las siguientes:

- ✓ Evita el impacto directo de las gotas de lluvias sobre el suelo evitando el rompimiento de la estructura y agregado del suelo y con ella las partículas finas puedan ser arrastradas por el flujo superficial. Esto obedece

Impacto ambiental del bambú (*Bambusa vulgaris* var. *vulgaris*. Schrad) en comparación con otras coberturas forestales sobre un suelo Pardo Ocríco Sin Carbonato.

que la velocidad de las gotas de lluvia su energía cinética (EC) es la causante de la disgregación de la partícula, es atenuada por el follaje de los árboles y posteriormente disminuida y eliminada por los estratos arbustivos y herbáceos.

✓ Los bosques facilitan la infiltración modificando las características hidrológicas de sitios forestales mediante el mejoramiento de las características hidrofísicas de los suelos por el aporte de materia orgánica, la creación de canales de infiltración por medio del profundo sistema radical de árboles y arbusto que dan origen a huecos y espacios libres que permiten un flujo de agua con mayor libertad en el exterior del suelo y la concentración de las precipitaciones en la base de los árboles a causa del escurrimiento por el fuste, punto en el que la penetración del agua es mucho más rápida.

✓ La reducción de la velocidad de la lámina de escurrimiento es el resultado de innumerable obstáculos, que en el bosque existen, como son troncos de árboles y arbustos en pie y caídos, el sistema de raíces superficiales y los contrapuentes de troncos y estribos, el colchón de hojarasca o mantillo. Además la permanencia de la lámina de agua sobre el suelo forestal implica una mayor infiltración de que a su vez determina una mayor estabilidad de los caudales y el aplastamiento de las cotas de avenidazas, fenómenos que suceden en las cuencas con adecuado índice de boscosidad.

A causa de la desertificación y la desaparición de los bosques, cada año se degradan 6 millones de hectáreas y se destruyen 11 millones de hectáreas de bosques tropicales, este proceso en 30 años equivale a una región como el de la India. Con la desaparición de los bosques van desapareciendo gran números de plantas, animales y se reduce la diversidad genética (Barbudo, 2000).

Impacto ambiental del bambú (*Bambusa vulgaris* var. *vulgaris*. Schrad) en comparación con otras coberturas forestales sobre un suelo Pardo Ocríco Sin Carbonato.

Los bosques, las aguas y los suelos forman un complejo interdisciplinario, sintetizado en el ciclo hidrológico del agua y definido territorialmente por la cuenca hidrográfica, en la que cualquier acción o transformación del primer eslabón de esta cadena, ocasionará afectación en el ciclo hidrológico y la erosión de los suelos. (Herrero, 2003). En Cuba, las afectaciones de los recursos hídricos, edáficos y la pérdida de biodiversidad han estado vinculadas a la deforestación y al uso irracional de los suelos.

2.4 Contribución de las raíces, la hojarasca y la copa de los árboles en la fertilidad de los suelos.

La función de los árboles en el ciclo de nutrientes así como la estructura y el balance hídrico del suelo han sido estudiados en los bosques; sin embargo, estos efectos no se han abordado profundamente. (Hernández y Simón, 1994).

Los árboles pueden influenciar en el suplemento y la disponibilidad de los nutrientes en el suelo, al aumentar el suministro de nitrógeno dentro de las zonas de los cultivos mediante el aumento de este por su fijación biológica, la recuperación de los nutrientes de debajo de la zona de las raíces de los cultivos y al reducir las pérdidas de nutrientes por los procesos de lixiviación y erosión.

Los árboles pueden aumentar la disponibilidad a través de la descarga de nutrientes de la materia orgánica del suelo y del reciclaje de residuos orgánicos, (Murgueitio y Preston, 1992; Buresh y Tian, 1998 y Khanna, 1998, citados por Briceño, 2002). Además Ibrahim (1994) al que hace referencia Noval (2000), indican que la mayoría de los estudios realizados en zonas tropicales, han demostrado que los árboles y arbustos leguminosos tienen la capacidad de fijar una alta cantidad de N (hasta 150 kg ha^{-1}); en este sentido Febles y Ruiz (1996) plantean niveles de hasta $300 \text{ kg N há}^{-1} \text{ año}^{-1}$.

Impacto ambiental del bambú (*Bambusa vulgaris* var. *vulgaris*. Schrad) en comparación con otras coberturas forestales sobre un suelo Pardo Ocríco Sin Carbonato.

También aportan a través de sus raíces, y por medio de la materia orgánica depositada en el suelo a través de la caída periódica o estacional, natural o provocada (cosecha), de las hojas, las flores, los frutos, las ramas y las raíces muertas, (Botero y Russo, 1999); esto contribuye al mejoramiento del nivel de nitrógeno en el suelo, Bronstein, (1984); Carvalho *et al.*, (1994), además de aumentar la porosidad, el contenido del agua gravimétrica, la capacidad de intercambio catiónico y la actividad de los microorganismos del suelo Siavosh, *et al.*; (1999), citados por Noval (2000). Además de fijar N, los árboles tienen raíces que pueden absorber los nutrientes de las capas profundas del suelo y bombearlos a la superficie, haciéndolos disponibles para la pastura. Febles, *et al.*, (1996), mejoran la materia orgánica, reducen la lixiviación y mejoran las propiedades físicas del suelo, además los sistemas de raíces ayudan estabilizar la tierra (FAO, 1997).

Buresh *et al.*, (1998) plantea que el profundo sistema radical de los árboles, les permite extraer la humedad y reciclar los nutrientes que se encuentran inaccesibles para las cosechas y las pasturas, además los nutrientes acumulados bajo la copa de los árboles, producto del valor nutritivo que presenta su follaje, les permite añadir nitrógeno al sistema, lo que favorece una mayor extracción para la persistencia y el establecimiento.

Se ha reportado que los suelos tropicales bajo vegetación forestal muestran contenidos de carbono orgánico y nitrógeno total significativamente más altos que los suelos con vegetación tropical de sabana en una profundidad de 0-15 cm; mientras que la relación carbono nitrógeno es más baja en los primeros que en los segundos (Cairo *et al.*, 1994). La materia orgánica contribuye a aumentar sensiblemente la porosidad (la cual es un resultado de la textura, estructura y la actividad biológica del suelo), es decir, son los suelos ricos en elementos coloidales los que tienen la mayor porosidad, siendo este uno de los principios de determinación de la estabilidad estructural, junto a los agregados estables,

Impacto ambiental del bambú (*Bambusa vulgaris* var. *vulgaris*. Schrad) en comparación con otras coberturas forestales sobre un suelo Pardo Ocríco Sin Carbonato.

debido a su alto contenido de materia orgánica y la presencia de hierro o calcio.

La deshidratación del suelo por la raíz causa grietas al encogerse el suelo, lo que origina rompimiento y posteriormente, la formación de agregados. El follaje de las plantas y sus residuos cubren el suelo y lo protegen de los cambios bruscos de temperatura y humedad y de los efectos de las gotas de lluvias, lo que favorece la infiltración en detrimento de la escorrentía, reduce la erosión y los riesgos de inundación (Cairo *et al.*, 1994 y Febles *et al.*, 1996). Los residuos vegetales, tanto el follaje como la raíz, proporcionan la base alimentaria de los microorganismos del suelo, que son uno de los principales factores agregantes (Cairo *et al.*, 1994).

2.5 Los micro y macroorganismos como índice de la calidad del suelo.

Según Sánchez (1994), un principio básico de la sostenibilidad es el retorno de los nutrientes extraídos del sistema, su aprovechamiento y la potenciación de la actividad biológica del suelo, debido al papel que esta desempeña al facilitar los procesos de descomposición y reciclaje de nutrientes (Lavelle *et al.*, 1994). Sin embargo, durante años la actividad benéfica de los organismos que habitan el suelo se ha visto drásticamente afectada por la acumulación de ciertas sustancias tóxicas que inducen al envenenamiento de la fauna presente (Febles *et al.*, 1996) y por la aplicación indiscriminada de numerosos plaguicidas sistémicos, los cuales inciden en el comportamiento de algunas especies entre ellas las lombrices, que son las responsables, en gran medida, de la descomposición inicial del follaje muerto (Nivia, 1994).

Una menor compactación y grado de descomposición de la hojarasca recién caída, influye en la abundancia y diversidad de la fauna edáfica asociada a la superficie del suelo (Prieto y Rodríguez 1996); en estas condiciones la fauna del

Impacto ambiental del bambú (*Bambusa vulgaris* var. *vulgaris*. Schrad) en comparación con otras coberturas forestales sobre un suelo Pardo Ocríco Sin Carbonato.

suelo participa en la mineralización de la materia orgánica y su redistribución, además, al aumentar el contenido de humus en el suelo mejora su estructura y disminuye la erosión.

El humus es el alimento de los microorganismos del suelo, estos a su vez, facilitan una buena estructura y fertilidad, ayudando a fijar los nutrientes en el suelo, si no existe suficiente humus (alrededor del 3 % en las regiones tropicales) los nutrientes que regresan al suelo en forma de composta podrían escurrirse. (Jeavons, 1996; citado por Dávila, 2007).

Las raíces de las plantas, los hongos y la fauna son importantes constituyentes ecológicos del suelo, los que tienen una influencia sustancial en la dinámica del carbono y el reciclaje de nutrientes, además la fauna edáfica influye en la salud de las raíces de las plantas, pues reduce las afectaciones por *Rhizoctonia solani*.

EL 90 % de la descomposición del carbono es asumida por los microorganismos tales como bacterias y hongos, y se facilita por los animales como ácaros, ciempiés (miriápodos), lombrices y hormigas que desmenuzan los residuos y dispersan los propágulos y las semillas ; estos dos últimos individuos junto con las termitas modulan directa o indirectamente la disponibilidad de fuentes (como espacio físico y alimentos) para otras especies, y causan cambios en el estado físico del suelo (Kolmans *et al.*, 1996 y Brussaard, *et al.*, 1997; citados por Gattorno 2008) . Estos organismos son llamados descomponedores y bioturbadores que junto con las raíces de las plantas y otras macrofaunas del suelo crean canales, poros, (cuyo tamaño esta en dependencia, del tamaño del organismo del suelo) agregados y montículos de tierra que influyen profundamente en el transporte de gases y de agua en el suelo, mejorando la estructura (Laakso y Setala, 1998); ellos crean o modifican los microhabitats para otros pequeños organismos del suelo, son esenciales para mantener la estructura de los suelos dedicados a la agricultura y forestales, además en el caso de las hormigas (negras

Impacto ambiental del bambú (*Bambusa vulgaris* var. *vulgaris*. Schrad) en comparación con otras coberturas forestales sobre un suelo Pardo Ocríco Sin Carbonato.

) pueden constituir un freno a determinadas plagas (Khay *et al.*, 1991; citado por Noval, 2000).

2.6 Suelo, calidad y medio ambiente.

El suelo, a diferencia del agua y el aire, es un recurso natural sin estándares de calidad definidos, debido a su variabilidad, por lo tanto, es casi imposible establecer una simple medida física, química o biológica que pudiera reflejar adecuadamente la calidad; sin tomar en consideración otros factores que afectan la formación y funcionamiento del mismo, Ríos (2010).

Por otra parte, se ha señalado que la calidad del suelo es uno de los factores más importante para la sostenibilidad de la biosfera global, ésta pudiera ser definida de diferentes formas incluyendo los principios de productividad, sostenibilidad y calidad ambiental. Para cuantificar la calidad del suelo los indicadores necesitan ser medidos espacialmente, a través de la evaluación de las propiedades del suelo (físicas, químicas y biológicas), las cuales deben ser: fáciles de medir y sensibles a cambios generados por las prácticas de manejo, cuyos valores indicarían la calidad.

Interpretar y predecir los efectos del manejo sobre la calidad del suelo a través de indicadores confiables y sensibles constituye una de las principales finalidades de la moderna ciencia del suelo. Hay necesidad de contar con indicadores para interpretar los diferentes datos de calidad de suelo como paso fundamental para definir sistemas de producción sustentables (Dalurzo *et al.*, 2002; citado por Reyes 2007 y Gattorno 2008).

El desarrollo de tales indicadores debe hacerse con base en las funciones del suelo que se evalúan; considerando aquellas propiedades edáficas sensibles a los cambios de uso del suelo. En materia de calidad de suelo, se requiere ampliar la

Impacto ambiental del bambú (*Bambusa vulgaris* var. *vulgaris*. Schrad) en comparación con otras coberturas forestales sobre un suelo Pardo Ocríco Sin Carbonato.

perspectiva original enfocada sólo a suelos agrícolas para incluir también suelos forestales de ecosistemas naturales y modificados con fines específicos como el urbano o el pecuario. Queda mucho por hacer, pero los primeros pasos ya se han dado (Bautista, 2004).

Dado que las funciones del suelo están claramente interrelacionadas, para describir la calidad de un suelo en particular puede otorgarse mayor o menor peso a cada una de ellas o de las propiedades que las integran; así la calidad del suelo ésta determinadas en última instancia por los usos a los cuales se destine éste y el ecosistema en el cual se está realizando la evaluación. Los criterios para seleccionar indicadores de calidad serán diferentes para los diversos usos del suelo y son dinámicos en el tiempo (Astier, 2002).

Por las razones anteriores en la literatura de países desarrollados se reportan diferentes indicadores de calidad cualitativos y cuantitativos; necesariamente esos indicadores se relacionan con el grado de desarrollo en los aspectos económicos, sociales y ecológicos del área en particular, siendo específicos para esa situación y en consecuencia varían en número y tipo de acuerdo a las zonas agroecológicas, factores agroclimáticos y sistemas de manejo.

Si se acepta que existen diversos conceptos de lo que representa o debe ser la calidad del suelo, entonces pueden utilizarse diversas aproximaciones o marcos metodológicos para seleccionar a los indicadores.

Masera, *et al.*, (1999) consideraron primeramente que los atributos que debería tener un sistema agrícola sostenible (productividad, estabilidad y resiliencia) y tomándolo como base seleccionó indicadores para sistemas agrícolas en suelos de ladera en la Cuenca del Lago Zirahuén.

Impacto ambiental del bambú (*Bambusa vulgaris* var. *vulgaris*. Schrad) en comparación con otras coberturas forestales sobre un suelo Pardo Ocríco Sin Carbonato.

2.7 Superficie forestal. Situación en el área geográfica.

En la revista Situación de los Bosques del Mundo, FAO (2009) La región de América Latina y el Caribe, formada por 47 países y áreas, contiene el 22 % de la superficie forestal mundial, el 14 % de la superficie de tierra global y el 7 % de la población del mundo. En esta región se encuentra el mayor bloque continuo de bosque pluvial tropical del mundo: La cuenca del Amazonas. En América Latina y el Caribe los bosques y la actividad forestal se verán influidos por el ritmo de la diversificación económica y los cambios en la dependencia de la tierra.

En América Central y el Caribe, donde la densidad de población es elevada, el aumento de la urbanización causará el abandono progresivo de la agricultura, la deforestación disminuirá y algunas de las áreas desforestadas se convertirán de nuevo en bosques (CATIE 2004). En América del Sur, a pesar de la baja densidad de población, es poco probable que el ritmo de deforestación disminuya en un futuro próximo.

Los elevados precios de los alimentos y del combustible favorecerán la deforestación continuada para la producción ganadera y de cultivos agrícolas, con el fin de satisfacer la demanda mundial de alimentos, forrajes y bio combustibles. Continua dicha revista planteando que la ordenación sostenible de los bosques continuará siendo un desafío en diversos países donde la tenencia de la tierra no está bien definida. (Herrero 2005)

IPCC (2007) La región de América Latina y el Caribe podría beneficiarse de manera considerable del aumento de la demanda de los bienes públicos mundiales proporcionados por los bosques, en particular la captura y el almacenamiento de carbono, pero para hacer realidad este potencial se requerirá una mejora sustancial de los marcos normativos e institucionales. Los bosques plantados aumentarán, fomentados por inversiones privadas y por la continua demanda mundial de madera y productos madereros de Asia. No obstante, es

Impacto ambiental del bambú (*Bambusa vulgaris* var. *vulgaris*. Schrad) en comparación con otras coberturas forestales sobre un suelo Pardo Ocríco Sin Carbonato.

poco probable que el incremento del ritmo de plantación sea suficiente para contrarrestar la constante deforestación.

2.8 Composición de especies, situación actual en Villa Clara.

Actualmente en la provincia de Villa Clara existen 23 especies forestales en categoría de plantaciones jóvenes, de ellas las especies del género bambusa representan solo el 5 por ciento (SEF 2009), la especie más representada en esta categoría de plantación es *Pinus caribaea* con el 36 por ciento. En las plantaciones ya establecidas el género *Bambusa* tiene menor representación dado al desconocimiento y falta de cultura que existía en relación con esta especie.

Existe incremento en la introducción de nuevas especies en la reforestación, así tenemos la *Acacia mangium*, la cual es una especie Leguminosa, de poco estudio en las condiciones de Cuba.

El género Eucalipto es de gran tradición en las plantaciones, al igual que otras especies como *Swietenia macrophylla*, *Tectona grandis* y otras.

Los bosques naturales en la provincia de Villa Clara ocupan un total de 24 772.0 ha, distribuidos en cuatro formaciones boscosas. Las especies presentes en estos bosques son especies principalmente autóctonas, aunque en la actualidad existen bosques mixtos producto de la degradación de áreas forestales las cuales han regenerado de forma natural. (Ordenación 2005).

Actualmente el bambú natural se encuentra fundamentalmente en fajas hidrorreguladoras, aunque también se encuentra en menor cuantía, en otros sitios.

2.9 Características e importancia de la especie Bambú (*Bambusa vulgaris*)

Londoño (2002) señala que en el mundo existe un total de 90 géneros y 1100 especies de bambú que se distribuyen desde los 51° de latitud Norte hasta los 47° de latitud Sur y desde el nivel del mar hasta los 4,300 metros de altura. En América, existen 41 géneros y 451 especies, casi la mitad de la diversidad mundial, los cuales se distribuyen desde los Estados Unidos con *Arundinaria gigantea*, hasta el sur de Chile, con *Chusquea culeo*. Se reconoce como el área de mayor grado de endemismo y diversidad de bambúes a la "mata littoranea" del sur de Bahía, Brasil, con presencia del 48% (22 géneros) de todos los géneros americanos, cinco de los cuales son endémicos. Le sigue en diversidad la cordillera de los Andes desde Venezuela hasta Bolivia, y la parte sur de Mesoamérica. Según Torres *et al.*, (2001), citado por Deras (2003), los bambúes toleran temperaturas bajo 0°C y hasta 26 °C, aunque se conocen casos de temperaturas más altas. En términos de precipitación se desarrollan en zonas desde 1,000 hasta 5,000 mm al año. Lo anterior muestra un amplio rango de hábitat en los cuales el bambú se desarrolla.

Las plantaciones de bambú ayudan a la conservación de cuencas hidrográficas al regular los caudales de agua con una cubierta protectora y una capa de residuos orgánicos, producto de la caída del follaje, mismo que reduce la escorrentía superficial, evitando la erosión. Un tallo de bambú posee alrededor de 73 entrenudos con una capacidad para almacenar alrededor de 40 litros de agua y una hectárea puede almacenar hasta 30 mil 375 litros de agua. Torres (2010).

Se indica en CONAGUA (2008) que en temporada de seca, el agua almacenada en los seudotallos de bambú fluye lentamente hacia el suelo, contribuyendo a mejorar el abastecimiento de este líquido en áreas aledañas. Es una solución ecológica por la alta tasa de reposición de los bambúes, su gran diversidad y adaptabilidad, hacen de esta especie una atractiva alternativa para disminuir el

Impacto ambiental del bambú (*Bambusa vulgaris* var. *vulgaris*. Schrad) en comparación con otras coberturas forestales sobre un suelo Pardo Ocríco Sin Carbonato.

impacto ambiental al bajar la presión de utilización sobre los bosques, especialmente en áreas rurales tropicales y subtropicales.

Las áreas con bambú, permiten la existencia de una biodiversidad de animales, aves silvestres e insectos benéficos para el ambiente y la vida. El bambú produce 4 veces más oxígeno que la mayoría de las plantas y mejora la fijación de nitrógeno en el suelo. Otra de las cualidades que tiene el bambú es su rápido crecimiento. Según datos del Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE, 2004), su tasa de crecimiento durante los primeros 30 días alcanza 4 a 6 cm de altura en 24 horas, el 60% de este crecimiento es durante la noche; después de los 90 cm de altura, el promedio de crecimiento es de 9 a 11 cm por cada 24 horas.

Una plantación de bambú se constituye a la vez en un bosque protector, mejora las propiedades físicas del suelo debido a la abundancia de raíces y raicillas, que permiten mayor intercambio gaseoso y mejoramiento de la propiedad de filtración, incrementando las condiciones para la vida animal y vegetal (IPCC2007).

2.10 Suelo y Bosque, su función en la retención de carbono.

Los bosques absorben CO₂ de la atmósfera y lo almacenan como carbono, no solo en la biomasa sino también en el subsuelo lo que supone una reducción de la cantidad de CO₂ presente en el aire. Los bosques cubren aproximadamente el 29 por ciento de las tierras y contienen el 60 por ciento del carbono de la vegetación terrestre (Fundación solar 2000).

El cambio climático de nuestro planeta actualmente es uno de los temas sobre el medio ambiente más importantes, y tal vez el más controversial. Efectivamente, aún si el calentamiento de la atmósfera desde hace un siglo ha sido medido de forma acertada, es difícil responder a las numerosas interrogantes que provoca

Impacto ambiental del bambú (*Bambusa vulgaris* var. *vulgaris*. Schrad) en comparación con otras coberturas forestales sobre un suelo Pardo Ocríco Sin Carbonato.

esta observación. Los mecanismos naturales de regulación del clima no son suficientemente conocidos para explicar el proceso del aumento de las temperaturas, ni para comprender la influencia de las actividades humanas en el proceso; con mayor motivo, el panorama de la evolución del clima para los siglos venideros es muy incierto. En la medida en que la actividad humana influya en el clima, la eventualidad de un calentamiento global necesitaría, según el principio de precaución, limitar las acciones negativas de los hombres en el clima, especialmente la emisión en la atmósfera de gas de efecto invernadero como el dióxido de carbono.

Existen métodos directos e indirectos para estimar la biomasa de un bosque. El método directo consiste en cortar el árbol y pesar la biomasa directamente, determinando luego su peso seco. Una forma de estimar su biomasa con el método indirecto a través de ecuaciones o modelos matemáticos calculados por medio de análisis de regresión entre las variables colectadas en terreno y en inventarios forestales. También se puede estimar la biomasa a través del volumen del fuste, utilizando la densidad básica para determinar el peso seco y un factor de expansión para determinar el peso seco total (biomasa total del árbol). Por lo que resulta necesario conocer la densidad básica de las especies involucradas, ya que además a partir de esta información se puede estimar el valor energético de las mismas Gómez, (2009).

2.11 Almacenamiento del carbono en los suelos.

La estimación de carbono almacenado en el suelo no es fácil de cuantificar, pero es necesario para entender mejor la distribución del carbono aéreo y subterráneo en los ecosistemas terrestres (Acosta *et al.*, 2001).

Las metodologías para determinar la retención de carbono en los suelos, y en específico para la agricultura y forestaría es escasa, además un problema que

Impacto ambiental del bambú (*Bambusa vulgaris* var. *vulgaris*. Schrad) en comparación con otras coberturas forestales sobre un suelo Pardo Ocríco Sin Carbonato.

cada vez es más aparente en el ámbito científico es la dificultad para comparar resultados de retención debido a las diferentes formas en que realizan las mediciones (Watson 2001).

Un suelo está compuesto de una parte mineral y de una parte orgánica, así como de agua, gas y de organismos vivos. La parte mineral de un suelo está constituida por fragmentos de roca madre de alteración y de talla variables, inactivos químicamente, de elementos coloidales de un diámetro inferior a 2 micrómetros – en gran parte arcillas que juegan un papel importante en la absorción del agua y la fijación de iones minerales, fuentes de nutrición mineral para las plantas (Jóvenes y Joven, 2001).

La parte orgánica de un suelo se presenta bajo dos formas: una forma bruta que contiene residuos vegetales o animales en descomposición y una forma humificada, o humus, que corresponde a los compuestos húmicos, cuerpos químicos complejos elaborados por las bacterias y hongos del suelo a partir de la descomposición de las células animales y vegetales (Labrador, 1996).

Las descripciones y análisis de más de 400 tipos de suelo mostraron que hay grandes variaciones en el tenor de carbono. Estas variaciones se reducen cuando se agrupan los datos según las condiciones de los suelos, principalmente la productividad, temperatura y humedad. Por otro lado, los métodos de análisis de los suelos son numerosos y a menudo muy diferentes.

El carbono de los suelos no está contenido en el conjunto de la materia orgánica: las raíces vivas y los restos de plantas parcialmente descompuestas no se toman en cuenta en los análisis. El humus de los suelos es la materia orgánica coloidal.

La materia orgánica que reposa en la superficie (hojas muertas, mantillo) no está incluida en el cálculo de la cantidad de carbono.

Impacto ambiental del bambú (*Bambusa vulgaris* var. *vulgaris*. Schrad) en comparación con otras coberturas forestales sobre un suelo Pardo Ocríco Sin Carbonato.

Todos los datos están dados en términos de cantidades de carbono orgánico. Por tanto, las cantidades de materia orgánica se multiplican por 0.58.

La cantidad de carbono representa menos del 0.2% del total para las profundidades superiores a 1 metro, y menos del 0.1% para las profundidades superiores a 1.5 metros, salvo algunas raras excepciones que cubren pequeñas superficies. La capa superficial, de 20 centímetros de profundidad, raramente contiene más de 5% de carbono.

Más de la mitad de los suelos estudiados contienen menos de 150 toneladas de carbono por hectárea.

En un suelo hidromórfico volcánico, la medida máxima de cantidad es de 801 toneladas por hectárea. En un suelo desértico, la medida mínima es de 10 toneladas por hectárea. Relativamente pocas informaciones están disponibles sobre los suelos de los bosques, en particular de los bosques primarios; sin embargo, se estima que un bosque secundario contiene 75% del carbono de un bosque primario del mismo tipo.

En la mayoría de los tipos de suelos, la cantidad de carbono almacenado es alta en climas húmedos y baja en climas calientes.



Fuente: Conferencias de Microbiología, Maestría Agricultura Sostenible. (2008)

Fig. 1. El ciclo del carbono.

2.12 Almacenamiento del carbono en la fitomasa.

Según Locatelli, (1999) Los primeros estudios de medición de la fitomasa utilizaban métodos muy sencillos pero pocos precisos, que consistían en cortar y medir un solo árbol de talla promedio y multiplicar la masa de sus diferentes partes por la cantidad de árboles plantados en la parcela de terreno.

Ya que ningún árbol es representativo del conjunto de una población, los estudios posteriores estratificaron la población. En general, se distinguían de tres a cinco categorías y se realizaba una medida para cada talla. Las evaluaciones más recientes utilizan métodos estadísticos que permiten tomar en cuenta la diversidad de especies y tallas.

La dendometría, que según su etimología es el procedimiento para medir los árboles (dendron – árbol); tiene como primer objetivo estudiar la dinámica de los árboles en población. (Cailliez, 1980).

Descripción del árbol

Para medir un árbol es necesario caracterizar el objeto físico medido, es decir, las diferentes partes del árbol, principalmente las partes aéreas. Muy raramente se toman en cuenta las raíces en las medidas dendrométricas.

El tallo se define como la parte que va del pié del árbol al brote terminal. En los árboles ramificados se considera generalmente que el brote terminal es el brote más elevado. El conjunto de ramas es la otra parte visible del árbol (Cailliez, 1980).

El tronco se define como la parte inferior del tallo que se extrae en condiciones óptimas de explotación, y se encuentra en la cima del contrafuerte o de los

Impacto ambiental del bambú (*Bambusa vulgaris* var. *vulgaris*. Schrad) en comparación con otras coberturas forestales sobre un suelo Pardo Ocríco Sin Carbonato.

escantillones, llamados raíces aéreas en los árboles que los poseen. En los árboles sin deformación o asiento en la base del tallo, el tronco se sitúa a una altura del suelo.

Los árboles son solamente depósitos temporales de carbono; al cortarlos, quemarlos, o al morir por causas naturales, parte del carbono es liberado nuevamente a la atmósfera a través de los procesos de descomposición o quema (Ciesla 2002).

Impacto ambiental del bambú (*Bambusa vulgaris* var. *vulgaris*. Schrad) en comparación con otras coberturas forestales sobre un suelo Pardo Ocríco Sin Carbonato.

3. Materiales y Métodos.

3.1 Ubicación geográfica.

El trabajo fue realizado en áreas de la Finca Forestal Integral El Sijú, en la localidad de Jibacoa (Fig. 2), perteneciente a la Empresa Forestal Integral Villa Clara.

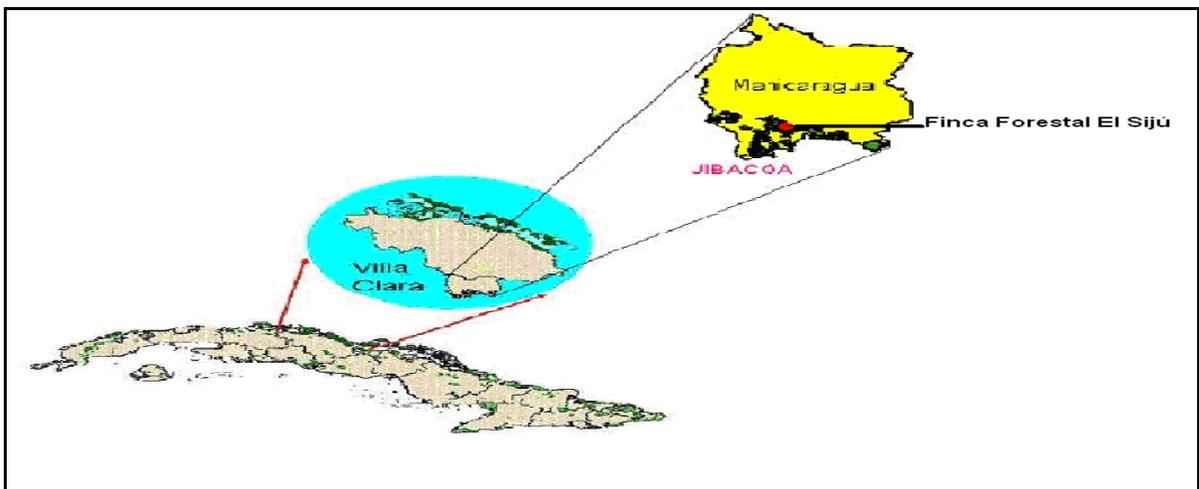


Fig. 2. Localización del área de estudio.

3.2 Datos climáticos

La zona promedia en el período 1988-2007 una temperatura mínima de 17.7 °C, temperatura máxima 28.8 °C, mientras la humedad relativa y las precipitaciones promediaron 81 % y 1275.0 mm respectivamente, el promedio de días con lluvia anualmente es de 133 días. (Figura 3)

Impacto ambiental del bambú (*Bambusa vulgaris* var. *vulgaris*. Schrad) en comparación con otras coberturas forestales sobre un suelo Pardo Ocrico Sin Carbonato.

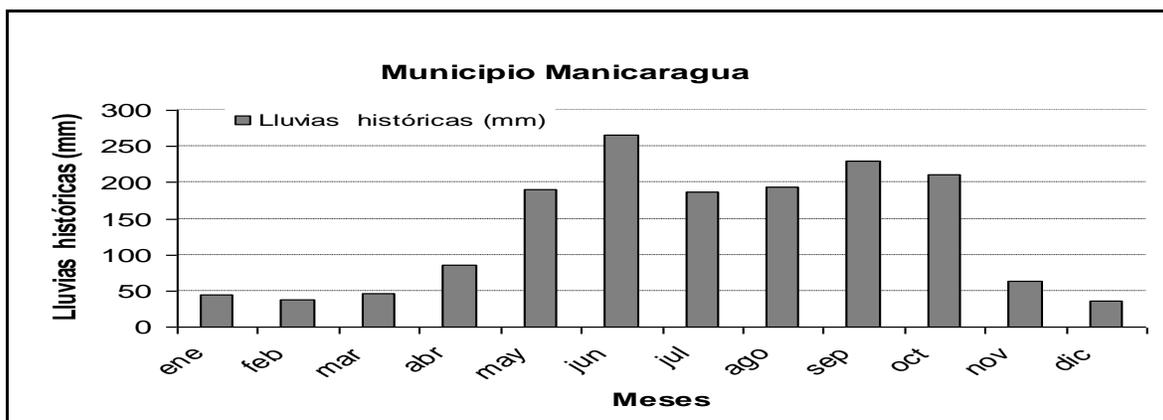


Fig 3. Promedio histórico de días con lluvia (1987-2007)

3.3 Características del suelo.

El suelo de estas zonas se clasifica como Pardo Ocrico Sin Carbonatos (Hernández *et al.*, 2005), los cuales ocupan una zona transicional de Pardo Grisáceo a suelo Pardo Sin Carbonato. Los suelos Pardos Sin Carbonatos (Instituto de suelos, 1975) identificados son suelos de textura loam arcillosa con poca profundidad en su perfil, muy susceptible a la erosión.

3.4 Relieve

El relieve presenta topografía ondulada con cambios bruscos de pendientes 3 – 15 % y longitudes pequeñas, lo que hace que la zona sea muy susceptible a la erosión del suelo.

Existen alturas sobre el nivel del mar que oscilan entre 200 y 328 msnm, es considerada una zona pre-montañosa, ya que es el enlace entre la llanura de Manicaragua y el grupo montañoso Guamuaya.

3.5 Localización de las zonas de estudio.

En la Figura 4 se observan las ocho zonas de estudio, además de la ubicación de la vivienda del finquero y señalado en el círculo rojo el área donde se realiza silvopastoreo, el área promedio donde se realiza esta práctica abarca

Impacto ambiental del bambú (*Bambusa vulgaris* var. *vulgaris*. Schrad) en comparación con otras coberturas forestales sobre un suelo Pardo Ocríco Sin Carbonato.

completamente las zonas 5, 6 y 8 mientras que la zona 2 pudiera recibir alguna carga, pero en menor cuantía.

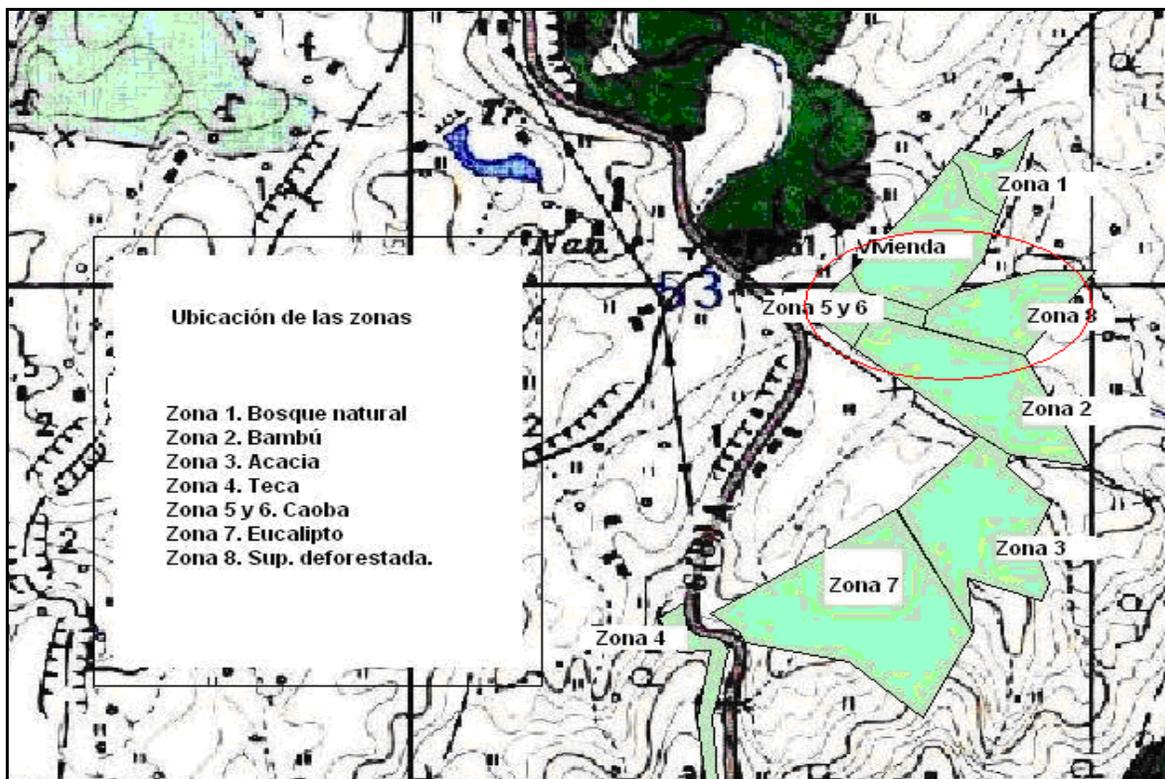


Fig. 4. Ubicación de las zonas en estudio.

Hoja Cartográfica Manicaragua. $22^{\circ} 06'$ y $22^{\circ} 05' N$ – $79^{\circ} 58' 10''$ y $79^{\circ} 58' 55'' W$

Fuente: Sistema Información Geográfica (SIFOMAP)

3.5.1 Descripción de las zonas de estudio.

Zona 1. Área de bosque natural 45 años de establecido, densidad de 100 árboles por ha, con una composición de especies de (3 Gto+2 Ol+ 2Rr+ 1Gt+ 1Thi+ 1Lsp) Según Instrucción para la ejecución de la ordenación del patrimonio forestal de Cuba (1977), ver Anexo 8.3.

Zona 2. Área con plantación de bambú (*Bambusa vulgaris* var. *vulgaris* Schrad), 5 años de establecida, marco de plantación de 6 m entre surcos y 6 m entre plantas, con densidad de 40 plantones/ha.

Impacto ambiental del bambú (*Bambusa vulgaris* var. *vulgaris*. Schrad) en comparación con otras coberturas forestales sobre un suelo Pardo Ocríco Sin Carbonato.

Zona 3. Área con plantación de acacia (*Acacia mangium* L.), de 5 años de establecida, marco de plantación de 3 m entre surcos y 2 m entre plantas, con densidad de 60 árboles/ha.

Zona 4. Área con plantación de teca (*Tectona grandis* L.f.), de 10 años de establecida, marco de plantación de 3 m entre surcos y 2 m entre plantas, densidad de 50 árboles/ha.

Zona 5. Área con plantación de caoba africana (*Khaya nyasica* Stall.), de 5 años de establecida, marco de plantación de 3 m entre plantas y 2 m entre surcos, densidad de 40 árboles/ha.

Zona 6. Área con plantación de caoba africana (*Khaya nyasica* Staff.), de 5 años de establecida, marco de plantación de 2 m entre surcos y 1 m entre plantas, densidad de 50 árboles/ha.

Zona 7. Área con plantación de eucalipto (*Eucalyptus pellita* F. Muell), 5 años de establecida, marco de plantación de 3 m entre surcos y 2 m entre plantas, densidad de 50 árboles/ha.

Zona 8. Área deforestada, cubierta con pasto natural, principalmente *Paspalum notatum*, *Cynodon dactylon* cv común y *Cynodon nlemfuensis*, la cual es usada principalmente para pastoreo.

Tabla 1. Caracterización de las zonas.

Zona	Área (ha)	No de árboles/ha	Densidad	Edad (Años)	Altura (m)	DAP (cm)	Diámetro de copa (m)
1	4.0	100	0.8	45	14	16	10
2	3.9	40	0.7	5	10	6	12
3	4.0	60	0.8	5	12	10	6
4	2.7	50	0.4	10	12	14	8
5	1.0	40	0.3	5	12	8	5
6	1.0	50	0.5	5	9	8	4
7	6.5	50	0.4	5	10	8	4
8	4.0	-	-	-	-	-	-

Según Instrucción para la ejecución de la ordenación del patrimonio forestal de Cuba (1977).

Densidad: Expresa la densidad de árboles de la zona, teniendo en cuenta el área basal y la altura de los mismos.

DAP: Diámetro del fuste a la altura del pecho.

Impacto ambiental del bambú (*Bambusa vulgaris* var. *vulgaris*. Schrad) en comparación con otras coberturas forestales sobre un suelo Pardo Ocríco Sin Carbonato.

3.6. Metodología empleada en los muestreos.

3.6.1 Evaluación del aporte de biomasa recibida en el suelo de las zonas.

Según Geigel (1977) se colocaron convenientemente cuatro trampas de 5 x 5 m (25 m²) bajo el área de goteo de cuatro árboles en cada zona, excepto la zona 8, las trampas se cercaron con tablas de costaneras para evitar la fuga del material, se pesaron los aportes de hojarasca los primeros días de cada mes, tomándose muestras en los meses de diciembre, enero, febrero y marzo.

3.6.2 Análisis microbiológicos.

Los muestreos de la macrofauna fueron realizados en la época de lluvia, en el área de goteo del árbol y entre los surcos, utilizando un marco de 25 x 25 cm, separando los individuos manualmente, Sierra y Fernández (1997) y Crespo, *et al.*, (1999), citados por Noval (2000), inicialmente se colectó la hojarasca presente en la misma, se colocó sobre una manta de color blanco y se procedió a la separación de los individuos, siendo conservados en una solución de alcohol al 70 % clasificándolos taxonómicamente según el Phylum, Clase y Orden, a la profundidad de 0 a 20 cm. Se siguió el criterio de Switt *et al.*, (Citados por Noval, 2000) para la colecta, tomando individuos mayores de 2 mm para ser considerados macrofauna.

3.6.3. Caracterización microbiológica del suelo.

Se tomaron 20 muestras de suelo siguiendo la diagonal de las zonas, en el área de goteo de los árboles, de 0-10 cm de profundidad, posteriormente se mezclaron todas y se seleccionó 20 g de suelo para cada zona, se colocaron en bolsas de polietileno y se trasladaron al laboratorio de microbiología de la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la UCLV.

Impacto ambiental del bambú (*Bambusa vulgaris* var. *vulgaris*. Schrad) en comparación con otras coberturas forestales sobre un suelo Pardo Ocríco Sin Carbonato.

3.6.4. Muestreos de suelo.

Los muestreos se realizaron en el mes de octubre de 2008, correspondiente con el final de la etapa lluviosa, se tomaron 4 muestras en cada zona, en el área de goteo de los árboles, las muestras fueron tomadas con picos y barrenas cuidando invertir la capa vegetal para tomar la muestra de 0 a 20 cm de profundidad, se envasaron en bolsas de polietileno y se trasladaron al Laboratorio de Suelos del CIAP.

3.7 Metodología de los análisis realizados.

3.7.1 Análisis químico de la biomasa recibida en el suelo de las zonas.

El secado de la hojarasca recogida en las trampas se realizó de forma natural (al sol) y artificial (estufa del laboratorio de suelos del CIAP a 60 °C).

Finalmente se molinaron, y se colocaron en recipientes de cristal para su análisis químico en el Laboratorio Provincial de Suelos, las que fueron procesadas empleando las siguientes metodologías.

- ✓ Nitrógeno: Mediante colorimetría por el método de Nessler
- ✓ Fósforo: Por el método colorimétrico de Metavanadato
- ✓ Potasio: Por fotometría de llama.
- ✓ Materia Orgánica y Ceniza: Por incineración, método seco.

3.7.2 Análisis microbiológicos de suelo.

Se determinó Bacterias, Hongos y Actinomicetos, se usó el método de las diluciones seriadas, y como medio de cultivo:

- ✓ *Bacterias*: Agar glicerina pectona.

Impacto ambiental del bambú (*Bambusa vulgaris* var. *vulgaris*. Schrad) en comparación con otras coberturas forestales sobre un suelo Pardo Ocríco Sin Carbonato.

- ✓ *Actinomicetos*: Agar almidón amoniacal
- ✓ *Hongos*: Agar rosa bengala.

3.7.3 Análisis físicos de suelo.

En cada zona se determinó:

- ✓ Coeficiente de Permeabilidad: según Henin *et al*, citado por Cairo (2000) donde se calcula el log 10 del coeficiente k para cada muestra, utilizando un infiltrómetro según la fórmula:

$$K = \frac{e * V}{H * S}$$

Donde:

K = coeficiente de percolación.

E = altura de la columna de suelo

V = volumen en ml de agua percolada en una hora.

H = altura de la columna líquida o lámina de agua.

S = área de la sección transversal de la columna de suelo dentro del capilar.

- ✓ Factor de estructura (FE): Fue determinado según Vageler y Alten citado por Cairo (2000) mediante la determinación de arcilla sin dispersar (b) y arcilla previamente dispersada, de acuerdo con el análisis mecánico (a) según la fórmula:

$$FE = \frac{a - b}{a} * 100$$

Impacto ambiental del bambú (*Bambusa vulgaris* var. *vulgaris*. Schrad) en comparación con otras coberturas forestales sobre un suelo Pardo Ocríco Sin Carbonato.

3.7.4 Análisis químicos de suelo

En cada una de las zonas de estudio se tomaron muestras a las profundidades de 0 – 20 cm, y se les determinó:

- ✓ P₂O₅ y K₂O: Por el método Oniani. Solución extractiva de ácido sulfúrico (0,1 N). El K se determinó por fotometría de llama y el P₂O₅ por el método colorimétrico.
- ✓ Materia orgánica: Método colorimétrico de Walkley y Black. Oxidación con dicromato de potasio y ácido sulfúrico concentrado.
- ✓ pH (H₂O) y pH (KCl): Mediante el potenciómetro. Relación suelo: solución 1: 2,5.

3.8 Retención de Carbono.

Los cálculos para la determinación del carbono retenido se efectuaron utilizando el sistema automatizado Sumidero Forestal (SUMFOR, v.2.12) (Álvarez y Mercadet, 2009). .

SUMFOR-2.12	
Autores: Arnaldo Álvarez y Alicia Mercadet	
ESTIMACION DE LA RETENCION Y DE LA LINEA BASE DE CARBON EVALUACION DEL INDICADOR DE MANEJO SOSTENIBLE	
PAGINA DE ENTRADA DE DATOS: 1	

Tabla 2. Representación gráfica del SUMFOR 2.12

Para el caso de las plantaciones y bosques naturales se realizó la conversión del volumen de madera en pie a toneladas. Para esto previamente se calculó la

Impacto ambiental del bambú (*Bambusa vulgaris* var. *vulgaris*. Schrad) en comparación con otras coberturas forestales sobre un suelo Pardo Ocríco Sin Carbonato.

biomasa del fuste y la biomasa total, empleando la densidad de la madera seca reportada para cada especie (Álvarez, 2002) y empleando el factor de expansión de la biomasa (FEB) propuesto por Álvarez (2003) basado en lo planteado por Gómez – Echeverri (2000) y Segura (2001).

En el caso de los suelos, y el área deforestada se calculó la cantidad de carbono retenido en el primer metro del suelo a partir del empleo de los coeficientes propuestos por Álvarez (2003).

3.8.1 Estimación de biomasa.

Para la estimación de la biomasa por encima del suelo del bosque se aplicó la metodología sugerida por (NRAG 595). Para cada unidad de muestreo, se obtuvo el producto de volumen total y densidad de la madera promedio de esa unidad. Esta densidad promedio es una media ponderada con respecto al volumen de parcela, de manera tal que las especies con mayor proporción de volumen dentro de la parcela tienen mayor peso relativo en la densidad.

La biomasa debajo del suelo y la biomasa de la madera muerta surgen del producto de un coeficiente y la biomasa por encima del suelo. Cabe señalar que no existen coeficientes específicos para los bosques cubanos que relacionen biomasa por encima del suelo con otros compartimentos, y por lo tanto los utilizados en este trabajo son estimaciones promedio para los tipos de bosque de todo el mundo.

3.8.2 Estimación del contenido de carbono.

Al igual que con la biomasa, no existen coeficientes específicos para los bosques cubanos que relacionen el contenido de carbono por encima del suelo con otros

Impacto ambiental del bambú (*Bambusa vulgaris* var. *vulgaris*. Schrad) en comparación con otras coberturas forestales sobre un suelo Pardo Ocríco Sin Carbonato.

compartimentos y por lo tanto se aplicaron proporciones que son estimaciones promedio para los tipos de bosque de todo el mundo.

En este caso, el contenido de carbono por encima del suelo, por debajo del suelo y en la madera muerta se calculó como el 50 % de la biomasa en cada uno de los compartimentos respectivos.

Los datos fueron procesados y llevados a tablas mediante el software Microsoft Excel.

3.9 Evaluación de las pérdidas de suelo por erosión hídrica

Para evaluar el estado de degradación del suelo se utilizó la Metodología para la evaluación de la degradación de los suelos FAO (1980). Se calculó la erosión hídrica.

Se utilizó la información obtenida de las condiciones edafoclimáticas de la región, así como los datos específicos del área de estudio, estos incluyeron: textura, materia orgánica, pH, topografía, uso de la tierra, cobertura vegetal, precipitación y tipo de suelo.

Erosionabilidad.

La erosionabilidad o erodabilidad viene dada por el grado de susceptibilidad del suelo a la erosión, esta propiedad del suelo depende en gran medida de sus condiciones físicas. Diferentes autores reportan diferentes índices de erosión teniendo en cuenta las propiedades del suelo, tales como: textura, estructura, estabilidad de la estructura, óxidos e hidróxido de hierro y aluminio, materia orgánica, etc.

Impacto ambiental del bambú (*Bambusa vulgaris* var. *vulgaris*. Schrad) en comparación con otras coberturas forestales sobre un suelo Pardo Ocríco Sin Carbonato.

Se han hecho muchos intentos para encontrar un índice adecuado de erosionabilidad del suelo, sin embargo, el método más comúnmente usado es el factor K de la ecuación universal de la erosión (pérdidas de suelo) de Wischmeier. La ecuación universal de pérdida de suelo o por erosión se enuncia como sigue:

$$A = R \cdot K \cdot L \cdot S \cdot C \cdot P$$

Donde: A = media anual en pérdida en t/ha

R = factor lluvia

K = factor erosionabilidad del suelo

L = factor longitud de la pendiente

S = Grado de la pendiente

C = factor cultivos y su ordenamiento

P = prácticas mecánicas de conservación

Cuando se utilizan todos los factores la erosión que se calcula es la erosión total.

El cálculo de la erosión potencial resulta:

$$EP = R \cdot K \cdot L \cdot S$$

Donde: EP = erosión potencial

La erosión potencial supone el suelo desnudo de toda cobertura y sin prácticas de conservación.

El factor K expresa las pérdidas por erosión en t/ha⁻¹ de los tipos individuales de suelos cuando mantienen constantes otros factores.

Los suelos limosos son los más erosionables, seguidos por la arena muy fina, fina y gruesa y con mayor resistencia las arcillas. La materia orgánica aumenta la estabilidad de cualquier combinación textural. La estructura de acuerdo a su formación puede resultar fuerte o débil y según su estado de granulación, fina, gruesa, en bloques subangulares o masiva.

Impacto ambiental del bambú (*Bambusa vulgaris* var. *vulgaris*. Schrad) en comparación con otras coberturas forestales sobre un suelo Pardo Ocrico Sin Carbonato.

Erosionabilidad de la Lluvia factor R

Se ha establecido una correlación con el factor R de la USLE (Wischmeier 1974) citado por FAO (1980).

Valoraciones

R = 0-50	50-100	500- 1000	> 1000
Ligero	moderado	Alto	muy Alto

Erosionabilidad del Suelo.

Se ha considerado para determinar la erosionabilidad 3 clases de texturas, gruesa < 18 % de Arcilla y > 65% de arena, media < 35% de arcilla y < 65 % de arena, Fina > 35% de Arcilla.

Clases de erosionabilidad	I Ligera	II Moderada	III Alta
Valoración	0.5	1.0	2.0
Textura del suelo	1	2	3
	Textura Gruesa	Textura Media	Textura Fina
Valoración	0.2	0.3	0.1

Pendiente del terreno L x S

Se ha valorado según el %	a	ab	b	bc	c
%	0-8	0-20	8-30	8-> 30	> 30
Valoración	0.35	2.0	3.5	8.0	11

Vegetación y Uso de la tierra

Valoraciones

Tierras de cultivo

Impacto ambiental del bambú (*Bambusa vulgaris* var. *vulgaris*. Schrad) en comparación con otras coberturas forestales sobre un suelo Pardo Ocríco Sin Carbonato.

Para las áreas con lluvias muy estacionales se usa un valor fijo 0.8. Para las áreas más húmedas (áreas de bosque tropical) sin largas estaciones secas, se emplea el factor 0.4.

Praderas, prados, pastizales y bosques y montes.

	Porcentaje de cubrimiento del suelo					
	0-1	1-20	20-40	40-60	60-80	80-100
Praderas, prados y pastizales	0.45	0.32	0.20	0.12	0.07	0.02
Bosque con sotobosque	0.45	0.32	0.16	0.18	0.01	0.006
Bosque sin sotobosque	0.45	0.32	0.20	0.10	0.06	0.01

3.10 Análisis estadísticos.

A partir de los muestreos realizados, se construyó una base de datos fundamental para establecer las relaciones entre las propiedades del suelo y las especies estudiadas.

Para el procesamiento estadístico se utilizó el paquete de programas profesional STATGRAPHICS Plus Versión 5.1 y SPSS ver 8.0 sobre Windows 2000. Se aplicó ANOVA de clasificación simple, previa comprobación de los supuestos básicos de los modelos, complementándose con la prueba de Tukey HSD para la comparación de medias de tratamientos.

Impacto ambiental del bambú (*Bambusa vulgaris* var. *vulgaris*. Schrad) en comparación con otras coberturas forestales sobre un suelo Pardo Ocríco Sin Carbonato.

4. Resultados y Discusión.

4.1 Biomasa depositada sobre el suelo.

En la Figura 5 se muestran las cantidades de hojarasca depositada sobre el suelo en las diferentes zonas, en los meses de diciembre, enero, febrero y marzo, siendo estos meses la denominada época de seca en Cuba, en esta temporada los árboles tienen un mayor aporte de biomasa. (Céspedes, 2010). Además Prause *et al*, (2003) obtuvo como resultado que el volumen de hojas recibido en un ecosistema forestal correspondió igualmente, a la época de seca.

La zona 4 (teca) promedió el mayor aporte de biomasa en el periodo estudiado, dado a que la cobertura vegetal de la zona es una especie caducifolia, por tanto pierde todas sus hojas en esta época, lo cual coincide con Herrero, (2003). De igual forma Barroso, (2000) plantea que la teca es una especie que pierde su follaje totalmente en los meses de enero y febrero.

El volumen de hojarasca depositada sobre esta zona, superior a las demás zonas, también está dado por el área de la hoja, según Champion y Brasnett (1959), citados por Barroso (2000), la hoja de la teca mide comúnmente de 30 a 50 cm de largo y entre 20 y 25 cm de ancho.

Las demás zonas tienen una cobertura vegetal de especies semicaducifolias, por lo que la senescencia no ocurre en un periodo señalado, o sea que ocurre durante todo el año.

De las zonas con cobertura de especies semicaducifolias la zona 2 (bambú) recibió el mayor aporte de hojarasca en el suelo (1.76 t/ha), aunque este resultado fue evaluado en una plantación de 5 años en un intervalo de tiempo (4 meses), este se pudiera validar teniendo en cuenta a McClure (1966) cuando informa: Las agrupaciones de bambú pueden perder la hoja durante la estación de seca.

Impacto ambiental del bambú (*Bambusa vulgaris* var. *vulgaris*. Schrad) en comparación con otras coberturas forestales sobre un suelo Pardo Ocríco Sin Carbonato.

Además Pérez – García *et al.*, (2009) obtuvo como resultado que la especie *Bambusa vulgaris* aportó entre 30 y 35 t/ha de biomasa al suelo, mientras López (2008) en un estudio realizado en la provincia de Granma, Cuba, encontró que el bambú depositó entre 8 y 10 t/ha de biomasa en el suelo. Las diferencias en el aporte de biomasa consultada en la bibliografía y los resultados de este trabajo lo confirman Hernández, *et al.*, (1992), citado por Noval (2000) cuando plantean que las fluctuaciones estacionales en la producción de hojarasca están reguladas fundamentalmente por procesos y factores biológicos y climáticos, aunque también son relevantes la topografía, condiciones edáficas, especie vegetal, edad y densidad del bosque.

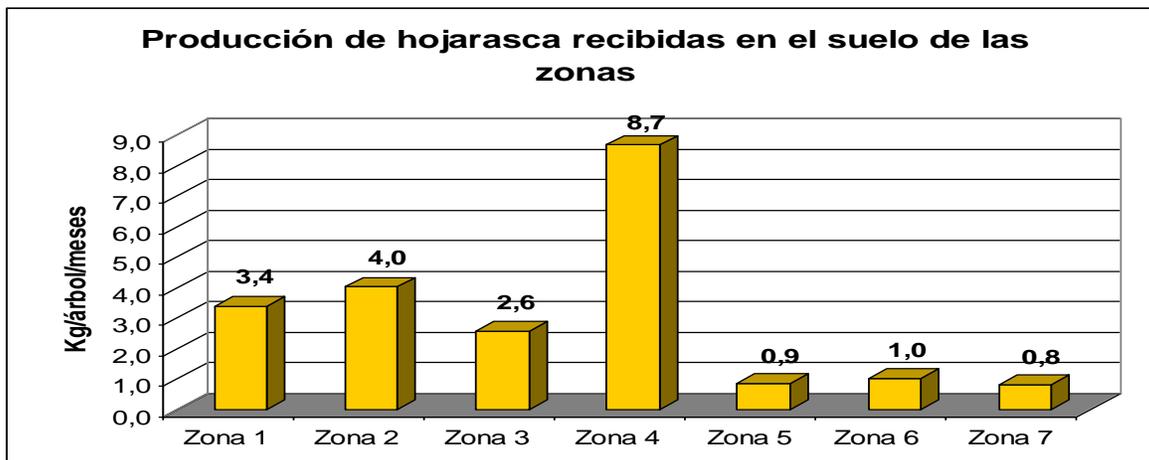


Fig. 5. Producción de biomasa recibida en el suelo de las zonas. Promedio Kg/Árbol/Meses.

Leyenda

Zona 1 Bosque natural, Zona 2 Bambú, Zona 3 Acacia, Zona 4 Teca, Zona 5 Caoba, Zona 6 Caoba densa, Zona 7 Eucalipto.

4.2 Composición química de la biomasa recibida en el suelo de las diferentes zonas de estudio.

En la Tabla 3 se muestran los contenidos de N, P y K, así como el pH, % de materia orgánica y ceniza respectivamente, además la Relación C/N de la hojarasca proveniente de las diferentes coberturas vegetales en cada zona.

Impacto ambiental del bambú (*Bambusa vulgaris* var. *vulgaris*. Schrad) en comparación con otras coberturas forestales sobre un suelo Pardo Ocríco Sin Carbonato.

El pH de las hojarascas depositadas sobre el suelo de las zonas en estudio presenta a la zona 7 (eucalipto) como una hojarasca muy acida según (NRAG, 564 Análisis Foliar. Reglas generales), según esta propia norma la hojarasca de la zona 3 (acacia) clasifica como una hojarasca acida, las zonas 5 y 6 (caoba y caoba densa) medianamente acida, mientras las zonas 1, 2 y 4 (bosque natural, bambú y teca) tienen evaluación de ligeramente acidas.

La hojarasca de la zona 2 (bambú) tuvo los valores más altos de contenido de N en todas las zonas, solo superado por la zona 3 (acacia), ambos valores son evaluados, según (NRAG 564 Análisis Foliar. Reglas generales), de muy altos. Según CONAGUA (2008) El bambú produce 4 veces más oxígeno que la mayoría de las plantas y mejora la fijación de nitrógeno en el suelo. El valor más alto de nitrógeno encontrado en la hojarasca de la zona 3 (acacia) sobre la zona 2 (bambú), esta dado por que la acacia es una especie leguminosa, las cuales según Crespo *et al.*, (1996) aportan un 70 % de este elemento a diferencia de las gramíneas solo un 16 %. Además otros autores como Galiana *et al.*, (1998), encontraron que la *Acacia mangium* aumentó significativamente en el suelo los contenidos de humedad, P, N, amonio y nitratos en 15, 98, 38, 53 y 177 % respectivamente.

El contenido de fósforo y potasio en las hojarascas depositadas sobre el suelo de todas las zonas es evaluado de bajo, según (NRAG 564 Análisis Foliar. Reglas generales). Para Torres (2008) por lo general antes de que se produzca la caída de la hoja, se produce una exportación de los nutrientes móviles hacia otros órganos de la planta. Continúa aportando sobre el tema García y Martínez-Laborde (1994), planteando que dentro de la planta los nutrientes pueden moverse dentro de un órgano o entre diferentes órganos.

Según los mencionados autores el fósforo y el potasio son elementos móviles, es decir que tienen la capacidad de ser extraídos de un destino metabólico y ser transportado a otro órgano de la planta.

Impacto ambiental del bambú (*Bambusa vulgaris* var. *vulgaris*. Schrad) en comparación con otras coberturas forestales sobre un suelo Pardo Ocríco Sin Carbonato.

La hojarasca de la zona 2 (bambú) tiene el contenido más bajo de materia orgánica entre las zonas estudiadas, no obstante es evaluado de alto, según (NRAG 564 Análisis Foliar. Reglas generales). Esta propia hojarasca tiene el contenido más alto de ceniza y una Relación C/N evaluada de buena, las demás zonas presentan una hojarasca con Relación C/N evaluada de mala, excepto la zona 3 (Acacia), que evalúa de buena relación. Carmona (2008) considera la relación de masa de carbono: nitrógeno (C/N) como un estimador de la "calidad química" de un sustrato, la hojarasca con menor Relación C/N se descompone más rápido debido a su mayor disponibilidad de Nitrógeno para los descomponedores. Por lo tanto se espera que la hojarasca de bosques dominados por especies arbóreas que producen hojarasca con mayor Relación C/N tenga una menor actividad respiratoria que hojarasca de bosques dominados por especies con hojarasca de menor Relación C/N.

Tabla 3. Composición química de la biomasa.

Zonas	pH	% N	% P	% K	% C	% MO	% Ceniza	R C/N
Zona 1	6.15	2.19	0.23	0.23	48.24	83.49	16.51	22.03
Zona 2	6.10	2.67	0.12	0.23	25.69	45.29	55.71	9.62
Zona 3	5.20	3.82	0.13	0.20	47.69	82.23	17.77	12.48
Zona 4	6.33	1.49	0.16	0.11	39.58	68.24	31.76	26.56
Zona 5	5.58	2.30	0.15	0.17	49.65	86.30	11.95	20.86
Zona 6	5.60	2.33	0.16	0.16	50.69	87.40	12.60	21.76
Zona 7	4.23	1.51	0.10	0.16	48.50	83.62	16.38	32.12

Leyenda

Zona 1 bosque natural, Zona 2 bambú, Zona 3 acacia, Zona 4 teca, Zona 5 caoba, Zona 6 caoba densa, Zona 7 eucalipto.

4.3 Efecto de los tratamientos sobre los microorganismos del suelo.

La Tabla 4 indica que el suelo de la zona 1 (bosque natural) tiene la mayor cantidad de UFC de hongos, mientras la zona 2 (bambú) tiene la mayor cantidad de UFC de este microorganismo entre las zonas que tienen una cobertura artificial,

Impacto ambiental del bambú (*Bambusa vulgaris* var. *vulgaris*. Schrad) en comparación con otras coberturas forestales sobre un suelo Pardo Ocríco Sin Carbonato.

según Ávila (1988) los hongos resisten mejor las condiciones ácidas que las bacterias y actinomicetos.

El suelo de la zona 3 (acacia) tiene el más alto valor de UFC de bacterias, dado por tener esta zona una cobertura de especie fijadora de Nitrógeno (Leguminosa) y por tanto la asociación con bacterias fijadoras de este elemento es notable. Existe una marcada especificidad entre la especie de leguminosa y la de *Rhizobium* que la infecta, de modo que cada cepa bacteriana tendrá hospederos específicos y no invadirá otras especies de leguminosas (Alvarado 2008).

Según García (1968), algunas bacterias del suelo pueden invadir las raíces de ciertos vegetales, donde toman el Nitrógeno libre del aire y lo transforman en compuestos orgánicos, otros microorganismos se encargan de mineralizarlo a amonio (NH_4) y oxidarlo a nitrato (NO_3), iones que las plantas aprovechan. (García y Martínez- Laborde 1994).

Las UFC de bacterias tuvieron la mayor representación del total de microorganismos estudiados en todas las zonas, lo cual concuerda con la literatura consultada Alvarado, (2008) cuando señala que las bacterias son los degradadores primarios más abundantes encontrados en los compuestos orgánicos naturales.

El suelo de la zona 2 (bambú) exhibe los valores más altos de UFC de Actinomicetos, superando a las zonas 1 y 4 (bosque natural y teca); zonas donde el efecto del tiempo con cobertura sobre el suelo es superior.

El índice microbiológico varió en las diferentes zonas, marcando la zona 2 (bambú) con mejores resultados sobre las demás zonas en estudio, hecho que estaría indicando que esta variable depende, entre otras cosas, de la calidad del residuo orgánico aportado al suelo. Concordando con los datos de este trabajo, Zak *et al.*, (1993) encontraron que la cantidad de C respirado del suelo dependió de la especie forestal. Resultados similares fueron determinados por Boerner y Koslowsky (1989), Koch y Matzner (1993), y Efron (2001), entre otros, los mismos concluyeron que otros parámetros bioquímicos como la medición de la actividad

Impacto ambiental del bambú (*Bambusa vulgaris* var. *vulgaris*. Schrad) en comparación con otras coberturas forestales sobre un suelo Pardo Ocríco Sin Carbonato.

de algunas enzimas, las cuales provienen fundamentalmente de los organismos del suelo, dependían de la especie arbórea. Esta conclusión se fundamenta en lo comprobado por Saetre y Baath (2000), quienes encontraron que las diferentes especies arbóreas generaron patrones espaciales en la comunidad microbiana en el suelo.

Alvarado (2010) plantea que en estudios que se realizan actualmente en suelos bajo bambú se encontraron especies de microorganismos específicos fijadores de nitrógeno. Mientras Igarza *et al.*, (2010) plantean que los grupos de microorganismos que participan en la descomposición de la materia orgánica son los hongos, las bacterias y los actinomicetos. Reyes, (2006), citado por Dávila, (2007) plantea que la oxidación de los residuos orgánicos que se incorporan al suelo es llevada a cabo por la actividad de estos y puede valorarse por la producción de CO₂ (dióxido de carbono), que es consecuencia de dicho proceso de oxidación.

Los residuos vegetales, tanto el follaje como la raíz, proporcionan la base alimentaría de los microorganismos del suelo, que son uno de los principales factores agregantes, (Cairo *et al.*, 1994).

Tabla 4. Resultados de los análisis microbiológicos de suelo.

Zonas	Hongos (UFC/g suelo)	Bacterias (UFC/g suelo)	Actinomicetos (UFC/g suelo)
	Titulo	Titulo	Titulo
1	1.33*10 ⁷	2.84*10 ⁹	6.1*10 ⁶
2	4.70*10 ⁶	2.35*10 ⁹	9.5*10 ⁶
3	3.90*10 ⁶	4.12*10 ⁹	3.9*10 ⁶
4	2.50*10 ⁶	1.64*10 ⁹	6.65*10 ⁶
5	1.68*10 ⁶	2.20*10 ⁹	3.22*10 ⁶
6	1.70*10 ⁶	2.28*10 ⁹	3.25*10 ⁶
7	2.05*10 ⁶	1.28*10 ⁹	3.0*10 ⁶
8	1.02*10 ⁶	1.32*10 ⁹	2.0*10 ⁶

U.C.F Unidades formadoras de colonias

Legenda:

Zona 1 bosque natural, Zona 2 bambú, Zona 3 acacia, Zona 4 teca, Zona 5 caoba, Zona 6 caoba densa, Zona 7 eucalipto, Zona 8 sup. deforestada.

Impacto ambiental del bambú (*Bambusa vulgaris* var. *vulgaris*. Schrad) en comparación con otras coberturas forestales sobre un suelo Pardo Ocríco Sin Carbonato.

4.4 Efecto de los tratamientos sobre la macrofauna en las zonas en estudio.

Los resultados muestran en la Tabla 5 que el suelo de la zona 1 (bosque natural) tiene el mayor número de individuos considerados macrofauna, según el criterio de Switt *et al.* (Citados por Hendrix, *et al.*; 1990), a los que hace referencia Noval (2000). El suelo de la zona 2 (bambú) tuvo el mayor número de individuos observados entre las coberturas artificiales de las zonas objeto de estudio. La zona 7 y 8 (eucalipto y superficie deforestada) tuvieron valores bajos de individuos considerados macrofauna, 5 y 2 ind/0.25 m² respectivamente.

El número de clases que con mayor grado fue observada en todas las zonas perteneció a Oligochaeta, Insecta y Miriápodos respectivamente, todas juegan una importante función en el suelo. Según Primavesi (1990) la mayoría de la mesofauna y macrofauna del suelo mejoran su calidad, especialmente a lo que respecta a la movilización de nutrientes a través de enzimas o mejorando la estructura y capacidad física del suelo, ya sea revolviendo o cavando en este.

El conteo realizado en el área de influencia de los árboles fue mayor al realizado entre hileras, este resultado coincide con Altieri, (1996) al plantear que el arbolado en el suelo incrementa la actividad biótica de este. Además, la sombra difusa transmitida por los árboles regula adecuadamente la energía solar que incide sobre la superficie del suelo, disminuyen la erosión (Simón *et al.*, 1998) y (Hernández *et al.*, 1999) regulan la temperatura del suelo.

Los insectos constituyen las formas de vida animal más diversificadas de los ecosistemas terrestres. La mayor parte de las especies son inocuas y representan un componente esencial de los ecosistemas naturales. (Unasyuva 2009)

Según Cairo y Fundora (1994) la mayoría del humus presente en el suelo representa los productos metabólicos de animales pequeños como lombrices,

Impacto ambiental del bambú (*Bambusa vulgaris* var. *vulgaris*. Schrad) en comparación con otras coberturas forestales sobre un suelo Pardo Ocríco Sin Carbonato.

arañas, nemátodos, mil pies, insectos y muchos otros que tienden a mejorar la porosidad; en aquellas tierras donde la actividad biológica es intensa se observa con frecuencia, junto a las huellas del recorrido de los gusanos de tierra, gran número de canículos finos que resultan del trabajo de pequeños insectos haciendo que su porosidad sea tubular y la estructura esponjosa.

La hojarasca que cubre el suelo de mulch, según Wildin., (1986) y Altieri., (1996), produce una suplementación regular de materia orgánica, que incrementa la actividad biótica del suelo ya que el 90 % de la descomposición del carbono es asumida por los microorganismos tales como bacterias y hongos, y se facilita por los animales como ácaros, ciempiés (miriápodos), lombrices y hormigas que desmenuzan los residuos y dispersan los agregados, (Kolmans *et al.*,1996 y Brussaard. 1997). De los macroorganismos citados por los anteriores autores, excepto la lombriz, los demás pertenecen al Phylum *Arthropodos*.

Impacto ambiental del bambú (*Bambusa vulgaris* var. *vulgaris*. Schrad) en comparación con otras coberturas forestales sobre un suelo Pardo Ocríco Sin Carbonato.

Tabla 5. Conteo de individuos considerados macrofauna en las zonas.

Zonas/Total	Conteo U/0.25 m ² de suelo			
	Área de influencia		En la calle	
	Numero	Clase	Numero	Clase
1 (b. natural)	2	Chilópodos	-	-
	11	Insecta	-	-
	4	Oligochaeta	-	-
17	17		0	
2 (bambú)	6	Miriápodos	1	Insecta
	4	Oligochaeta	1	Miriápodos
	1	Gasterópodos	2	Gasterópodos
	2	Arácnida	-	-
	2	Insecta	-	-
19	15		4	
3 (acacia)	3	Oligochaeta	2	Insecta
			2	Oligochaeta
			2	Miriápodos
			1	Chilópodos
			1	Arácnida
11	3		8	
4 (teca)	7	Oligochaeta	3	Oligochaeta
	2	Miriápodos	3	Insecta
	1	Chilópodos	-	-
16	10		6	
5 (caoba)	3	Gasterópodos	1	Oligochaeta
	3	Oligochaeta	2	Miriápodos
	5	Miriápodos	-	-
14	11		3	
6 (caoba densa)	3	Oligochaeta	2	Oligochaeta
	5	Miriápodos	2	Miriápodos
12	8		4	
7 (eucalipto)	1	Arácnida	1	Gasterópodos
	1	Oligochaeta	-	-
	1	Miriápodos	-	-
	1	Insecta	-	-
5	4		1	
8 (sup. deforestada)	1	Miriápodos	-	-
	1	Gasterópodos	-	-

Impacto ambiental del bambú (*Bambusa vulgaris* var. *vulgaris*. Schrad) en comparación con otras coberturas forestales sobre un suelo Pardo Ocríco Sin Carbonato.

4.4.1 Efecto de los tratamientos sobre la diversidad de la macrofauna del suelo en las diferentes zonas.

El efecto de los tratamientos sobre la biodiversidad se observa en la figura 6, la zona 2 (bambú) destaca entre las demás en este indicador. Según IPCC (2007), Las áreas con bambú, permiten la existencia de una biodiversidad de animales, aves silvestres e insectos benéficos para el ambiente y la vida con valores por encima de otras especies forestales. Se destaca la mencionada zona por encima de la zona 1, (bosque natural) mientras las zonas 7 y 8 (eucalipto y superficie deforestada) tienen la menor diversidad microbiológica de las zonas en estudio.

En (www.tomeraider.com) se expone que la investigación sugiere que un ecosistema más diverso puede resistir mejor a la tensión medioambiental y por consiguiente es más productivo. Es probable que la pérdida de una especie disminuya la habilidad del sistema para mantenerse o recuperarse de daño o perturbación. Simplemente como una especie con la diversidad genética alta, un ecosistema con la biodiversidad alta puede tener una oportunidad mayor de adaptar al cambio medioambiental. En otros términos: cuantas más especies comprenden un ecosistema, más probable es que el ecosistema sea más estable.

Para Dávila, (2008) los mecanismos que están debajo de estos efectos son complejos y disputados. Sin embargo, en los recientes años, se ha dejado claro que realmente hay efectos ecológicos de biodiversidad.

La diversidad de organismos del suelo específicamente larvas de insectos, insectos, lombrices y otros que se presentan en las zonas arborizadas permiten una fácil penetración de las raíces, la infiltración del agua y la circulación del aire (Noval ,2000).

Impacto ambiental del bambú (*Bambusa vulgaris* var. *vulgaris*. Schrad) en comparación con otras coberturas forestales sobre un suelo Pardo Ocríco Sin Carbonato.

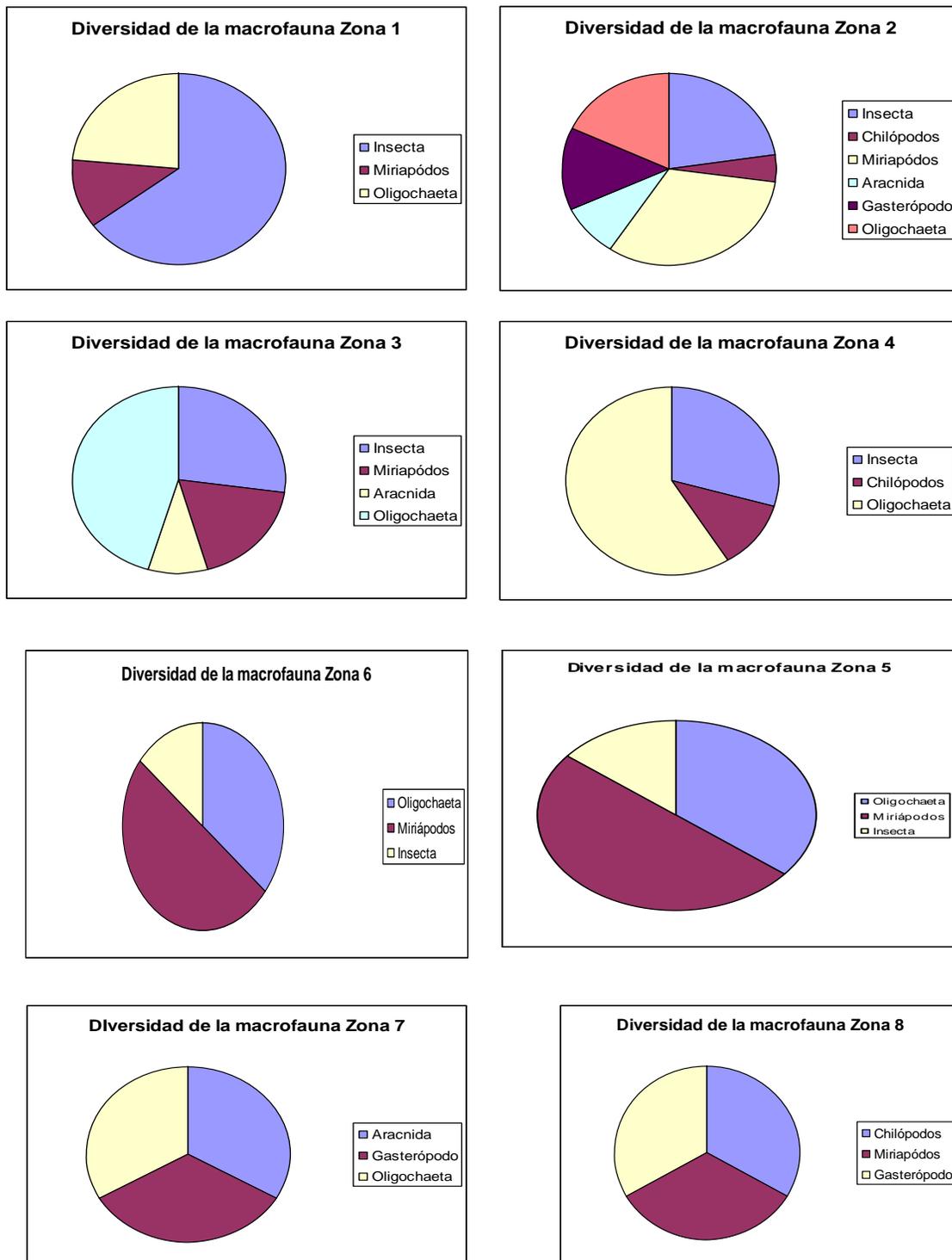


Fig. 6. Diversidad de la macrofauna en las zonas.

Leyenda.

Zona 1 bosque natural, Zona 2 bambú, Zona 3 acacia, Zona 4 teca, Zona 5 caoba, Zona 6 caoba densa, Zona 7 eucalipto, Zona 8 sup. deforestada.

Impacto ambiental del bambú (*Bambusa vulgaris* var. *vulgaris*. Schrad) en comparación con otras coberturas forestales sobre un suelo Pardo Ocríco Sin Carbonato.

4.4.2 Efecto de los tratamientos sobre la densidad poblacional de la clase Oligochaeta en el suelo de las zonas en estudio.

En la Figura 7 podemos observar el número de lombrices muestreadas en el suelo de las zonas de estudio. La zona 2 (bambú) con menor efecto del tiempo sobre el tratamiento, obtuvo resultados similares a la zona 1 (bosque natural), resultados en los cuales influye, entre otros factores, la calidad de la hojarasca que recibe el suelo, Relación C/N Buena, (ver Tabla 3).

La zona 4 (teca) tuvo el mayor número de individuos presentes en el conteo, aunque la hojarasca que recibe el suelo de la zona esta evaluada de una Relación C/N Mala, (ver Tabla 3), esta zona tiene el mayor efecto del tiempo sobre el tratamiento de las coberturas artificiales. Las zonas 7 y 8 (eucalipto y superficie deforestada) presentaron baja densidad.

Cuando la relación C/N aumenta, la densidad poblacional de la clase Oligochaeta disminuye, excepto cuando existe la influencia del tiempo en el tratamiento. Según Noval (2000) la abundancia de lombrices se puede jerarquizar de la siguiente forma: la temperatura como punto superior jerárquico, luego factores edáficos (textura del suelo, materia orgánica, nutrientes y calidad de la hojarasca) y por último factores estacionales (lluvia, sequía, temperatura y humedad). Los resultados muestran que existe relación entre la calidad de la hojarasca que recibe el suelo, el tiempo del tratamiento y la densidad poblacional de lombrices.

En el intestino de la lombriz ocurren procesos de fraccionamiento, desdoblamiento, síntesis y enriquecimiento enzimático y microbiano, lo cual tiene como consecuencia un aumento significativo en la velocidad de degradación y mineralización. Las variables ambientales pueden afectar grandemente la actividad y número de lombrices en el suelo. (Cairo, 2008). Indica Tian (1997) citado por Noval (2000), que es importante tomar en cuenta la biomasa de

Impacto ambiental del bambú (*Bambusa vulgaris* var. *vulgaris*. Schrad) en comparación con otras coberturas forestales sobre un suelo Pardo Ocríco Sin Carbonato.

lombrices como un indicador más de calidad de suelo.

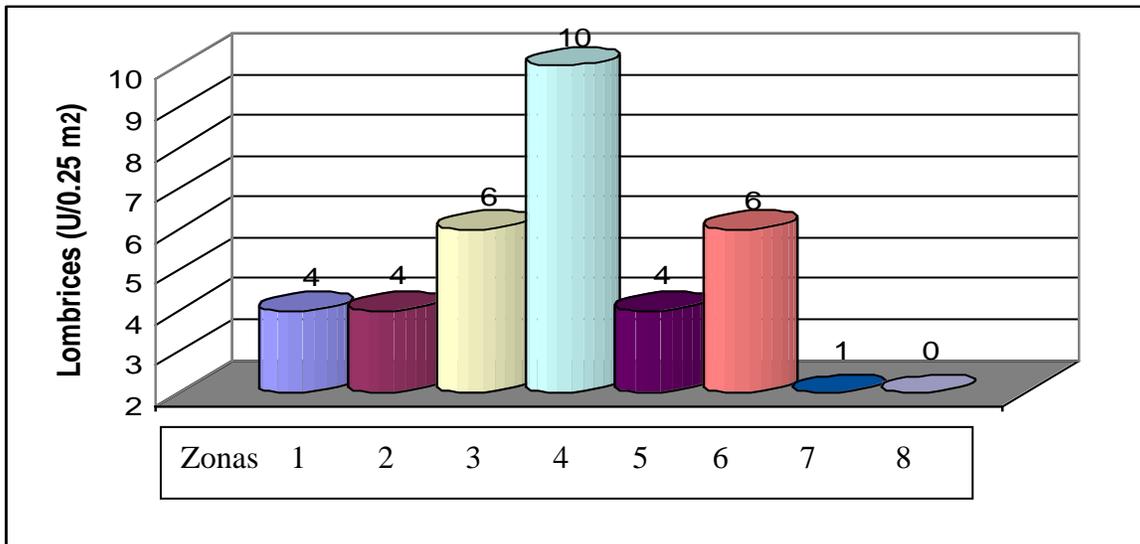


Fig. 7. Densidad poblacional de la Clase Oligochaeta en las zonas.

Leyenda

Zona 1 bosque natural, Zona 2 bambú, Zona 3 acacia, Zona 4 teca, Zona 5 caoba, Zona 6 caoba densa, Zona 7 eucalipto, Zona 8 sup. deforestada.

Teniendo la densidad poblacional de esta especie en el área muestreada, podemos asumir el número de lombrices por ha en las diferentes zonas objeto de estudio, según Cairo (2010) en otros trabajos realizados se han presentado valores de hasta 2 000 000 unidades/ha.

Se refleja en la Tabla 6 que la zona 1 y 2 (bosque natural y bambú) tuvieron igual número de individuos por ha, mientras la zona 4 (teca) tuvo el mayor número de individuos, además de ser el valor más cercano a la fuente citada, estos valores se justifican por el efecto del tratamiento en el tiempo. La zonas 7 y 8 (eucalipto y superficie deforestada) presentaron una baja densidad poblacional, según la citada fuente.

Impacto ambiental del bambú (*Bambusa vulgaris* var. *vulgaris*. Schrad) en comparación con otras coberturas forestales sobre un suelo Pardo Ocríco Sin Carbonato.

Tabla 6. Efecto de los tratamientos sobre la densidad poblacional de lombrices por ha en las zonas en estudio.

Zonas	U/0.25 m ² de suelo	U/ha
1	4	640 000
2	4	640 000
3	6	960 000
4	10	1 600 000
5	4	640 000
6	5	800 000
7	1	160 000
8	0	0

Leyenda:

Zona 1 bosque natural, Zona 2 bambú, Zona 3 acacia, Zona 4 teca, Zona 5 caoba, Zona 6 caoba densa, Zona 7 eucalipto, Zona 8 sup. deforestada.

4.5 Efecto de los tratamientos sobre algunas propiedades físicas.

El efecto de los tratamientos sobre el Factor de estructura y el Coeficiente de permeabilidad. (log 10 K) del suelo en las zonas estudiadas lo indican las figuras 8 y 9. La zona 1 (bosque natural) tiene un valor bueno de factor de estructura, según Cairo, (2003). Aunque las zonas 2, y 6 (bambú y caoba densa) tienen evaluación de Regular con tendencia bueno, no tienen diferencias significativas con la mencionada zona.

La zona 8 (superficie deforestada) muestra diferencia significativa con las demás zonas en estudio y es evaluada de mal, según Cairo (2003). Esta zona carece de cobertura forestal y recibe pastoreo incontrolado, por tanto su factor de estructura se puede ver afectado por el pisoteo de los animales. Para Cairo (2001), cuando se desea hacer una evaluación rigurosa de la estructura del suelo no es solamente

Impacto ambiental del bambú (*Bambusa vulgaris* var. *vulgaris*. Schrad) en comparación con otras coberturas forestales sobre un suelo Pardo Ocríco Sin Carbonato.

importante el estado estructural actual (Porosidad total, porosidad de aireación, porosidad de los Agregados entre otros) sino también la estabilidad contra las influencias externas e internas.

En la actualidad se trabaja en la obtención de un conjunto de beneficios producidos por los bosques en el ecosistema, entre ellos, la cubierta forestal, la cual según Young (1989), tiene la ventaja de que debido a la alta producción de biomasa favorece el aumento de carbono y los productos de sus transformaciones pueden mejorar algunas propiedades del suelo como son la permeabilidad, la estructura y capacidad de retención de agua.

Resumiendo, podemos decir que la estructura del suelo influye en la mayoría de los factores de crecimiento de las plantas, por tanto, en determinados casos, puede ser el factor que limita la producción. Una mala estructura puede provocar efectos dañinos para la planta, por ejemplo: deficiencia de agua, falta de aire, incidencia de enfermedades, poca actividad microbiana, impedimento al crecimiento de las raíces y cambios químicos perjudiciales, entre otros. Por el contrario, una buena estructura hace que los factores de crecimiento funcionen a su máxima eficiencia y se obtengan mayores rendimientos en las cosechas. (Cairo y Fundora, 2005; Morris, 2009).

El comportamiento de la permeabilidad ($\log_{10} K$) del suelo en las zonas en estudio, se observa en la figura 9, cuando ella es próxima a 2 los suelos tienden a mostrar un buen estado estructural. (Cairo y Fundora, 2005). Las zonas de la 1 a la 7 (Bosque natural, Bambú, Acacia, Teca, Caoba, Caoba densa, y Eucalipto) tienen valores de permeabilidad catalogados como excelentes por Cairo, (2003) no obstante existen diferencias significativas entre ellas, la zona 2 (bambú) aunque mantiene el valor de excelente tiene diferencia significativa con las zonas 1, 3, 4 y 5, (bosque natural, acacia, teca y caoba) esto pudiera estar dado por la cobertura de la

Impacto ambiental del bambú (*Bambusa vulgaris* var. *vulgaris*. Schrad) en comparación con otras coberturas forestales sobre un suelo Pardo Ocríco Sin Carbonato.

menciona zona, la cual es una especie con sistema radical superficial, al respecto plantea Betancourt *et al.*, (2007) que los rizomas de *Bambusa vulgaris* producen raíces fuertes y fibrosas que infiltran completamente el suelo hasta una profundidad de 30 cm o más.

La zona 8 (superficie deforestada) difiere estadísticamente con el resto de las zonas y tiene valor de adecuado según Cairo, (2003). Lo que corrobora FAO (2009) cuando plantea que los bosques facilitan la infiltración modificando las características hidrológicas de sitios forestales mediante el mejoramiento de las características hidrofísicas de los suelos por el aporte de materia orgánica, la creación de canales de infiltración por medio del profundo sistema radical de árboles y arbusto que dan origen a huecos y espacios libres que permiten un flujo de agua con mayor libertad en el exterior del suelo y la concentración de las precipitaciones en la base de los árboles a causa del escurrimiento por el fuste, punto en el que la penetración del agua es mucho más rápida.

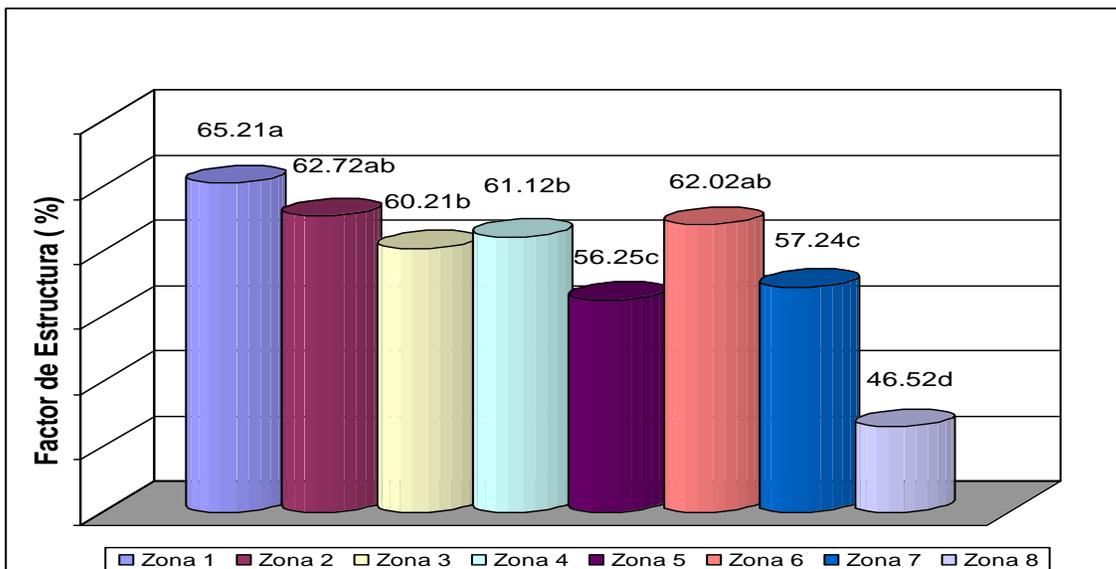


Fig. 8. Efecto de los tratamientos sobre el Factor de Estructura en las diferentes zonas de estudio.

Leyenda

Zona 1 bosque natural, Zona 2 bambú, Zona 3 acacia, Zona 4 teca, Zona 5 caoba, Zona 6 caoba densa, Zona 7 eucalipto, Zona 8 superficie deforestada.

(a,b,c,d): medias con letras no comunes en una misma columna difieren por Tuckey ($p < 0.05$). EE 1.118

Impacto ambiental del bambú (*Bambusa vulgaris* var. *vulgaris*. Schrad) en comparación con otras coberturas forestales sobre un suelo Pardo Ocríco Sin Carbonato.

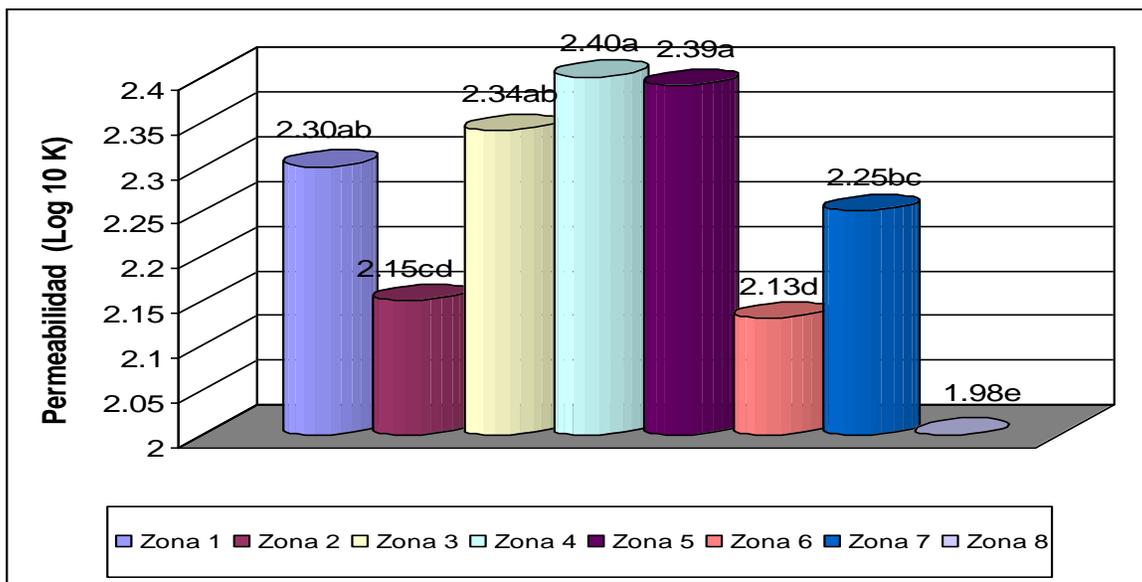


Fig. 9. Efecto de los tratamientos sobre la Permeabilidad del suelo en las zonas estudiadas.

Leyenda

Zona 1 bosque natural, Zona 2 bambú, Zona 3 acacia, Zona 4 teca, Zona 5 caoba, Zona 6 caoba densa, Zona 7 eucalipto, Zona 8 superficie deforestada.

(a,b,c,d,e): medias con letras no comunes en una misma columna difieren por Tuckey ($p < 0.05$). EE 0.038

4.6 Efecto de los tratamientos sobre la fertilidad del suelo.

Las figuras de la 10 a la 14 indican el estado de la fertilidad del suelo en las diferentes zonas en estudio, representado por el pH, la materia orgánica, K_2O , y P_2O_5 asimilable.

Las figuras 10 y 11 ilustran los valores de pH en el suelo, los cuales muestran ligera acidez en las zonas 1, 2, 4, y 6 (bosque natural, bambú, teca y caoba densa), las zonas 3, 5 y 8 (acacia, caoba y superficie deforestada) tienen evaluación de medianamente acidas.

La zona 2 (bambú) no difiere estadísticamente con las zonas 1, 4, y 6 (bosque natural, teca y caoba densa). Aunque la zona 7 (eucalipto) no tiene diferencia significativa con las zonas 3, 5, 6 y 8 (acacia, caoba, caoba densa y superficie

Impacto ambiental del bambú (*Bambusa vulgaris* var. *vulgaris*. Schrad) en comparación con otras coberturas forestales sobre un suelo Pardo Ocríco Sin Carbonato.

deforestada), si tiene valores de pH evaluados de ácido (López *et al.*, 1981).

La acidez del suelo en la zona 7 (eucalipto), pudiera estar relacionada con los resultados obtenidos en los análisis foliares (ver Tabla 3) realizados a la hojarasca depositada sobre el suelo de las zonas, donde arrojó que la hojarasca que recibe esta zona está evaluada de muy ácida.

No obstante la reconocida utilidad de las especies de *Eucalyptus* para usos industriales y como proveedoras de una serie de bienes y servicios en apoyo al desarrollo rural ya reconocidos en muchos países, durante las últimas décadas han existido críticas a varios niveles, y reacciones públicas en contra de la plantación con especies de este vasto género. (Christel 1999).

El pH neutro o poco ácido, entre 5 y 7, favorecerá la disponibilidad de la mayoría de los nutrientes, los valores altos harán menos disponibles a algunos nutrientes entre ellos el fósforo, (García y Martínez-Laborde, 1994). Continúan dichos autores planteando que valores de pH muy ácidos pueden insolubilizar algunos nutrientes y movilizar al (Al^{3+}) con frecuencia tóxico.

Los contenidos de materia orgánica existentes en el suelo de las zonas en estudio se indican en la figura 12, los cuales clasifican como valores medianos en todas las zonas, excepto la zona 8 (superficie deforestada) que es evaluada de bajo contenido, según López *et al.*, (1981), citados por Ríos (2010). La zona 2 (bambú) difiere estadísticamente con el resto de las zonas, al igual que la zona 8 (superficie deforestada), mientras las demás zonas no muestran diferencia significativa entre ellas.

El efecto del tratamiento sobre el contenido de materia orgánica del suelo en la zona 2 (bambú) es notable si se compara con la zona 8 (superficie

Impacto ambiental del bambú (*Bambusa vulgaris* var. *vulgaris*. Schrad) en comparación con otras coberturas forestales sobre un suelo Pardo Ocríco Sin Carbonato.

deforestada), sin embargo al comparar este efecto con las demás zonas se observa que tuvo valores inferiores.

Este valor inferior pudiera estar justificado con lo planteado por Jaramillo (2002), cuando expone: Las condiciones de alta aireación y los residuos orgánicos poco lignificados, es decir, con relación C/N baja favorecen los procesos de mineralización y por tanto reducen drásticamente la acumulación de materia orgánica en el suelo, la cual depende del aporte de materiales orgánicos que se haga a dicho suelo, así como de la velocidad con la cual éstos se descomponen; la cantidad de materia orgánica que se aporta al suelo es bastante variable y depende sensiblemente del tipo de cobertura vegetal. Al respecto continúa Ibáñez, (2006) planteando que la hojarasca poco lignificada y rica en nitrógeno con una baja relación C/N, se descompone más rápido que la hojarasca con alta relación C/N y por tanto el proceso de humificación y mineralización de la materia orgánica es más acelerado.

Dicha zona, teniendo un valor inferior de contenido de materia orgánica, muestra un Factor de estructura superior a todas las coberturas artificiales (ver Figura 8), además en la mencionada zona la vida micro y macrobiológica (ver Tabla 4 y 5, Figura 6), es destacable, aspectos que garantizan la **calidad** de la materia orgánica presente en la zona. Plantea al respecto, Lavelle (2000) que la biodiversidad de especies en el suelo contribuye a la formación de estructuras órgano minerales, deyecciones, nidos, macroporos, galerías y cámaras que estimulan la estructura del suelo así como la dinámica de la materia orgánica, además el intercambio de gases y agua en el suelo.

La deposición estable y uniforme de la hojarasca en el suelo actúa sobre el contenido de materia orgánica. Afirma Cairo (2001), que la mayor parte de la materia orgánica del suelo tiene origen vegetal y proviene de la vegetación herbácea de los bosques y de los restos de las cosechas. Por su parte Noval

Impacto ambiental del bambú (*Bambusa vulgaris* var. *vulgaris*. Schrad) en comparación con otras coberturas forestales sobre un suelo Pardo Ocríco Sin Carbonato.

(2000) asegura que la materia orgánica contribuye a aumentar sensiblemente la porosidad (la cual es un resultado de la textura, estructura y la actividad biológica del suelo). Alvear *et al.*, (2007) especifica que dentro de las actividades biológicas del suelo las más importantes están relacionadas con la materia orgánica y el ciclado de nutrientes, las que nos permiten detectar, junto a otros parámetros físicos del suelo, cambios tempranos en su bioquímica, grado de compactación de suelos y actividades biológicas producidas por el impacto antrópico.

El efecto de los tratamientos sobre el contenido de fósforo y potasio en el suelo de las zonas en estudio se observa en las figuras 13 y 14, la zona 2 (bambú) tiene valores considerados de muy altos para ambos elementos, según Fundora y Yepis (2000), citados por Ríos (2010), manteniendo diferencia significativa con el resto de las zonas.

En el mencionado contenido muy alto de estos elementos en el suelo de la zona 2 (bambú), pudieran incidir varios elementos, entre ellos, el alto contenido de ceniza que tiene la hojarasca que recibe el suelo de esta zona (ver Tabla 3), Indica Cairo (2001) que la ceniza es un material rico en fósforo y potasio, por otro lado queda demostrado que la mencionada hojarasca tiene mayor contenido inorgánico que orgánico. Otro elemento que pudiera incidir en estos valores es la biología del suelo; la mencionada zona destaca entre las demás en cuanto a sus UFC de microorganismos (ver Tabla 4), mientras el comportamiento de la vida microbiológica y su diversidad, se observa con igual destaque en la mencionada zona. (ver Tabla 5 y Figura 6 respectivamente). Wittmanna *et al.*, (2004), señalan que las actividades enzimáticas aumentan con el incremento de la vida biológica del suelo, la enzima fosfatasa acida es la encargada de hidrolizar fósforo hasta formas inorgánicas, haciéndolo asimilable por las plantas (Criquet *et al*, 2004) citado por Alvear (2007). Para Jaramillo (2002), los microorganismos intervienen activa y directamente en ciclos geoquímicos como el del C, el del N, el del P y el

Impacto ambiental del bambú (*Bambusa vulgaris* var. *vulgaris*. Schrad) en comparación con otras coberturas forestales sobre un suelo Pardo Ocríco Sin Carbonato.

del S, que son los más conocidos. También toman parte en una buena cantidad de procesos y reacciones que tienen que ver con la nutrición vegetal. Continúa planteando al respecto Cairo (2001), que la materia orgánica favorece el contenido de fósforo asimilable de los suelos, lo cual puede atribuirse por una parte a la mineralización de los diferentes compuestos de fósforos orgánicos que ella contiene. Por otro lado Alvarado, (2008) plantea que algunos géneros bacterianos, y de hongos filamentosos, además de Actinomicetos del género *Actinomyces* intervienen en la solubilización de fosfatos inorgánicos.

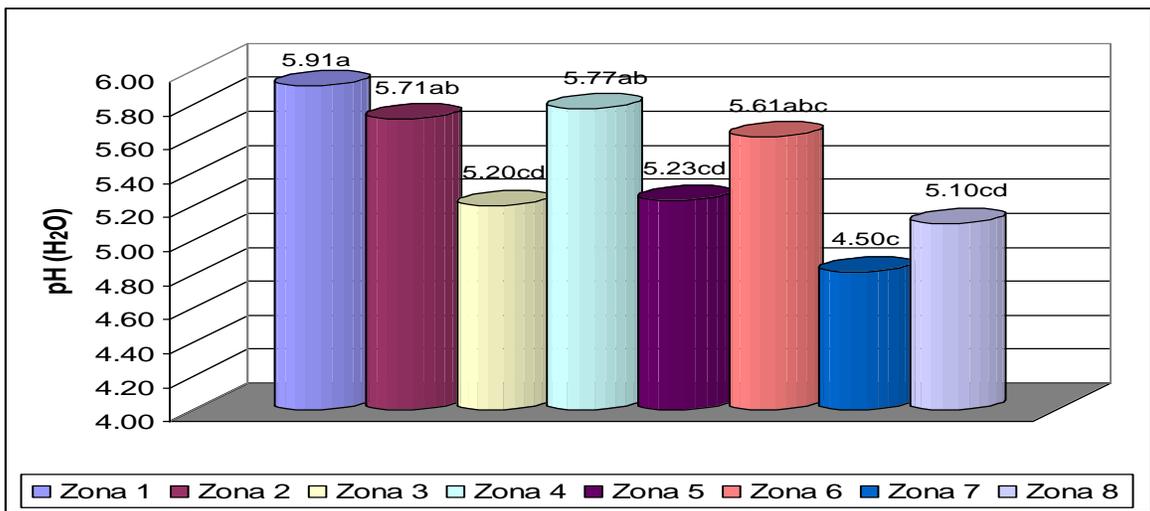


Fig. 10. Efecto de los tratamientos sobre el pH (H₂O) del suelo en las zonas de estudio.

Leyenda

Zona 1 bosque natural, Zona 2 bambú, Zona 3 acacia, Zona 4 teca, Zona 5 caoba, Zona 6 caoba densa, Zona 7 eucalipto, Zona 8 sup deforestada.

(a,b,c,d,e): medias con letras no comunes en una misma columna difieren por Tuckey ($p < 0.05$).
EE 0.153

Impacto ambiental del bambú (*Bambusa vulgaris* var. *vulgaris*. Schrad) en comparación con otras coberturas forestales sobre un suelo Pardo Ocríco Sin Carbonato.

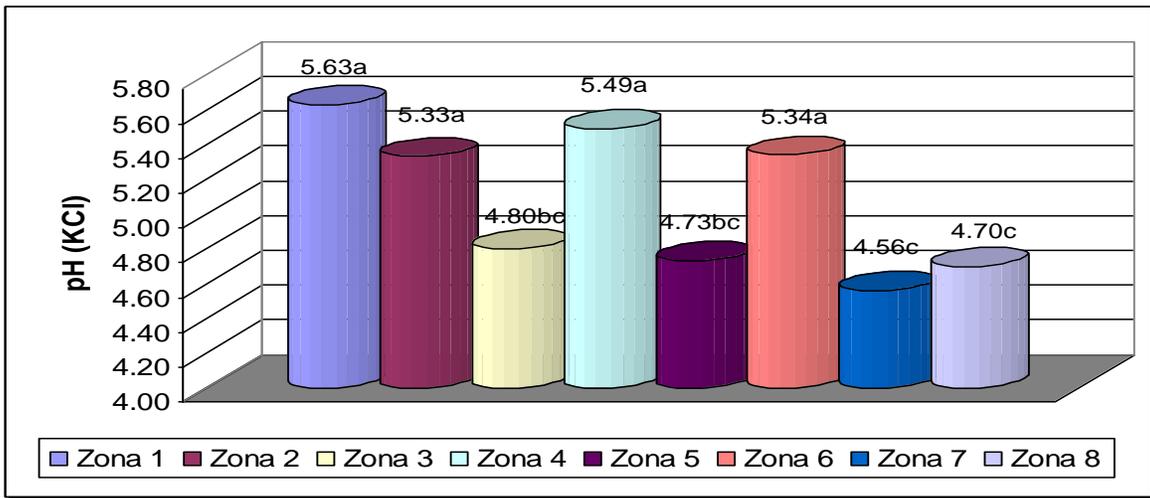


Fig. 11 Efecto de los tratamientos sobre el pH (KCl) del suelo en las zonas de estudio.

Legenda

Zona 1 bosque natural, Zona 2 bambú, Zona 3 acacia, Zona 4 teca, Zona 5 caoba, Zona 6 caoba densa, Zona 7 eucalipto, Zona 8 sup deforestada.

(a,b,c): medias con letras no comunes en una misma columna difieren por Tuckey ($p < 0.05$).
EE 0.109

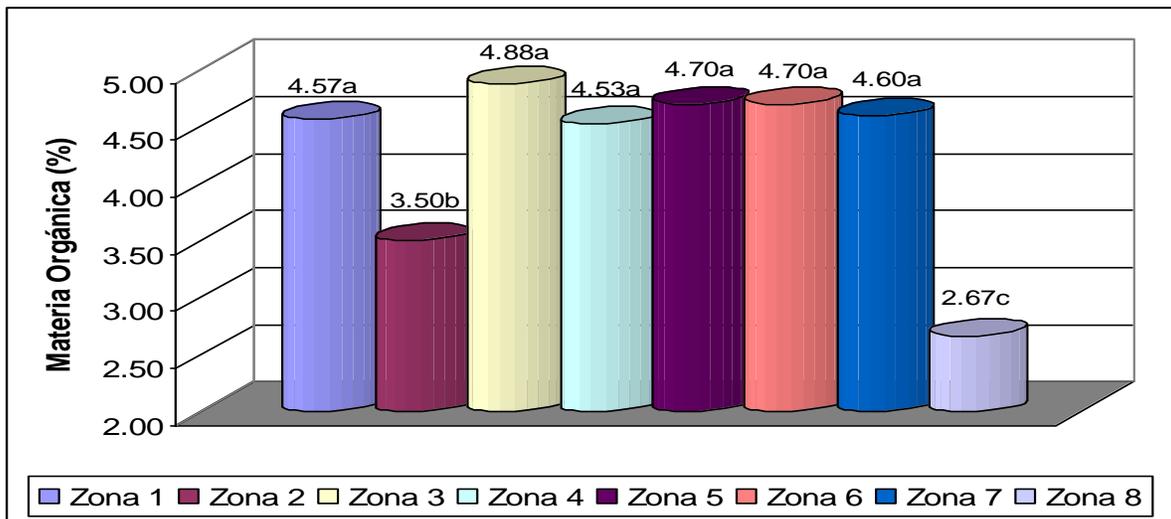


Fig. 12. Efecto de los tratamientos sobre el contenido de materia orgánica en el suelo de las zonas objeto de estudio.

Legenda

Zona 1 bosque natural, Zona 2 bambú, Zona 3 acacia, Zona 4 teca, Zona 5 caoba, Zona 6 caoba densa, Zona 7 eucalipto, Zona 8 sup deforestada.

(a,b,c): medias con letras no comunes en una misma columna difieren por Tuckey ($p < 0.05$).
EE 0.143

Impacto ambiental del bambú (*Bambusa vulgaris* var. *vulgaris*. Schrad) en comparación con otras coberturas forestales sobre un suelo Pardo Ocrico Sin Carbonato.

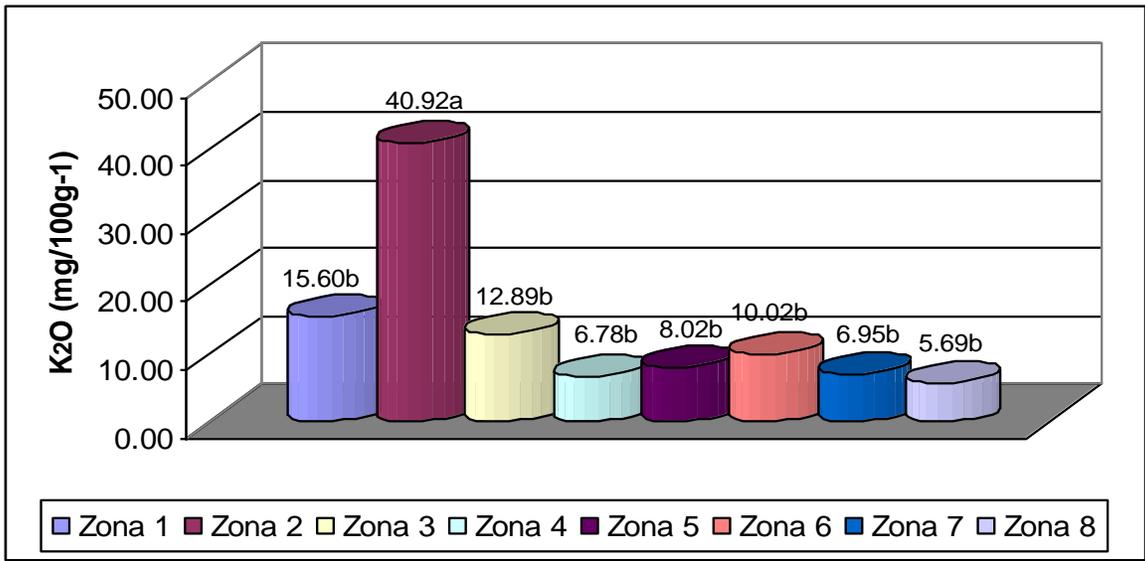


Fig. 13. Efecto de los tratamientos sobre el contenido de K₂O en el suelo de las zonas en estudio.

Leyenda

Zona 1 bosque natural, Zona 2 bambú, Zona 3 acacia, Zona 4 teca, Zona 5 caoba, Zona 6 caoba densa, Zona 7 eucalipto, Zona 8 sup deforestada.

(a,b)medias con letras no comunes en una misma columna difieren por Tuckey (p < 0.05).

EE 0.156

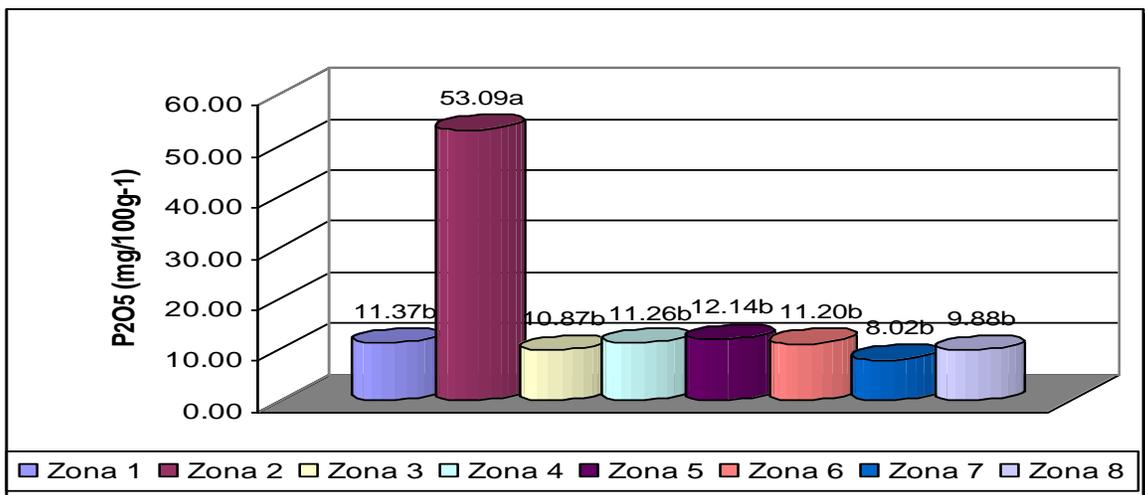


Fig. 14. Efecto de los tratamientos sobre el contenido de P₂O₅ en el suelo de las zonas en estudio.

Leyenda

Zona 1 bosque natural, Zona 2 bambú, Zona 3 acacia, Zona 4 teca, Zona 5 caoba, Zona 6 caoba densa, Zona 7 eucalipto, Zona 8 sup deforestada.

(a,b)medias con letras no comunes en una misma columna difieren por Tuckey (p < 0.05).

EE 3.812

4.7 Estimación de la retención de Carbono realizado por las diferentes zonas objeto de estudio.

La Tabla 7 refleja a la zona 2 (bambú) con el más bajo nivel de retención de Carbono en la biomasa. El marco de plantación amplio de la cobertura de esta zona, (6x7) con respecto a las demás zonas (3x2), incide en estos valores, ya que tiene menor biomasa efectiva para retener el Carbono, corrobora este resultado Londoño, (2002) cuando plantea que el Bambú para su establecimiento hay que tener en cuenta si el objetivo es comercial, conservacionista u ornamental. En las plantaciones con propósito comercial se recomienda distancias más amplias de siembra entre surcos que entre plantas con el fin de lograr una mayor incidencia de los rayos solares sobre el cultivo. En las plantaciones con fines netamente conservacionistas se debe sembrar en barreras con distancias de 4 o 5 metros entre surco y de 2 o 3 metros entre planta. (Betancourt M. A. *et al.*, 2007).

Otro factor que incide en la baja retención de carbono realizado por esta zona comparada con las demás, es la edad de la plantación, en futuros años se espera un aumento de retención de carbono ya que la cobertura tiene una alta tasa de crecimiento, lo que implica una dinámica actividad fisiológica, esto ha llevado a que los bambúes sean considerados como un elemento de notable importancia para el balance de Oxígeno y Dióxido de Carbono en la atmósfera. (<mailto:ckhaler@fundacionchile.cl>). No obstante la zona 2 (bambú) tiene valores muy similares de retención en la necromasa y en el suelo respecto a las demás zonas, e incluso similar a la zona 1 (bosque natural), lo que coincide con los resultados obtenidos en este trabajo (ver Figura 5), al demostrarse que la cobertura de esta zona tiene el más alto nivel de aporte de biomasa entre las especies semicaducifolias estudiadas.

El resultado de la retención de carbono en el suelo de todas las zonas coincide con Locatelli, (1999) y Husch, (2001) cuando plantean que más de la mitad de los suelos estudiados en un ecosistema forestal contienen menos de 150 t C/ha. No obstante es este el mayor secuestrador de carbono, estos resultados coinciden

Impacto ambiental del bambú (*Bambusa vulgaris* var. *vulgaris*. Schrad) en comparación con otras coberturas forestales sobre un suelo Pardo Ocríco Sin Carbonato.

con IPCC (2000), cuando se informa que el carbono almacenado en los suelos forestales representa el 36 por ciento del total del carbono del suelo a un metro de profundidad. Recientemente fue llevado a cabo un balance completo de los bosques de Francia, este estudio comprendió 540 parcelas de la red europea de supervisión forestal. La media total del carbono del ecosistema fue de 137 t C/ha; de este total, el suelo representa el 51 por ciento (71 t), los restos vegetales superficiales 6 por ciento y las raíces 6 por ciento. Estos datos son muy cercanos a los proporcionados en el último informe del IPCC (IPCC 2000) para los bosques en Tennessee (Estados Unidos de América).

Los valores de retención de Carbono obtenidos en las zonas en estudio confirman lo expuesto por Álvarez (2003), cuando plantea que el establecimiento de plantaciones forestales en áreas que previamente se usaron como pastizales, puede incrementar el nivel de carbono almacenado en la vegetación en 120 tC/ha.

Tabla 7. Retención de Carbono en las zonas (Mt), y promedio (t/ha).

Zonas	Área (ha)	Biomasa (Mt)	Necromasa (Mt)	Suelo (Mt)	Total (Mt)	Promedio tha⁻¹
Zona 1	4.0	0.46	0.03	0.49	0.99	247.30
Zona 2	3.9	0.04	0.03	0.48	0.55	141.70
Zona 3	4.0	0.52	0.04	0.49	1.05	286.20
Zona 4	2.7	0.34	0.02	0.33	0.70	258.50
Zona 5	1.0	0.07	0.01	0.12	0.20	165.60
Zona 6	1.0	0.08	0.03	0.13	0.22	168.62
Zona 7	6.5	0.47	0.06	0.80	1.32	184.90
Zona 8	4.0	-	-	0.20	0.20	50.00
Total	26.1	1.38	0.15	2.42	3.96	-

Leyenda

(Mt) Miles de toneladas

Zona 1 bosque natural, Zona 2 bambú, Zona 3 acacia, Zona 4 teca, Zona 5 caoba, Zona 6 caoba densa, Zona 7 Eucalipto, Zona 8 Sup deforestada.

Impacto ambiental del bambú (*Bambusa vulgaris* var. *vulgaris*. Schrad) en comparación con otras coberturas forestales sobre un suelo Pardo Ocríco Sin Carbonato.

4.8 Efecto de los tratamientos sobre la degradación de los suelos por erosión hídrica, en las diferentes zonas de estudio.

La degradación del suelo, como consecuencia de los procesos de erosión, ha sido reconocido como el principal proceso inducido por la actividad humana (Satur de Alba, 2006).

En la tabla 8 se observan las pérdidas de suelo por erosión hídrica en las zonas de estudio. Las zonas 2, 5 y 8 (bambú, caoba y superficie deforestada) tienen una alta erosión, mientras la zona 1 (bosque natural) tiene ligera erosión. Las demás zonas mantienen una erosión moderada.

Es destacable mencionar que entre las zonas que mantienen evaluación de erosión alta, las pérdidas de suelo en t/ha/año son mayores en la zona 8 (superficie deforestada) que en las zonas con coberturas.

La alta erosión encontrada en la zona 2 (bambú), esta relacionada con el marco de plantación ancho utilizado (6x7), y la edad de la cobertura (5 años). La evaluación de erosión de esta zona debe disminuir en los próximos años, cuando se produzca el cierre de la plantación. Según datos del Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE, 2004), una cualidad que tiene el bambú es su rápido crecimiento, su tasa de crecimiento durante los primeros 30 días alcanza 4 a 6 cm de altura en 24 horas, el 60% de este crecimiento es durante la noche; después de los 90 cm de altura, el promedio de crecimiento es de 9 a 11 cm por cada 24 horas. Continúan planteando al respecto, (Betancourt, M. *et al.*, 2004), que las raíces del bambú protegen al suelo de las aguas diluvianas tropicales gracias al colchón de raíces, por lo que es utilizado para retener el suelo en zonas vulnerables para cortar rápidamente la erosión del suelo.

Impacto ambiental del bambú (*Bambusa vulgaris* var. *vulgaris*. Schrad) en comparación con otras coberturas forestales sobre un suelo Pardo Ocríco Sin Carbonato.

Los suelos forestales absorben cuatro veces más agua de lluvia que los suelos cubiertos por pastos, y 18 veces más que el suelo desnudo, dado a que por su fuste escurren cantidades de agua que no causan arrastres. Disponible en "<http://es.wikipedia.org/wiki/Selva>"

Tabla 8. Degradación del suelo por erosión hídrica en las diferentes zonas de estudio.

Zona	Pérdida de suelo t/ha ⁻¹ /año	Densidad de plantas/ha	Evaluación de la erosión
1	8	100	Ligera
2	78	40	Alta
3	46	50	Moderada
4	8	50	Ligera
5	78	40	Alta
6	46	50	Moderada
7	46	50	Moderada
8	156	-	Alta

Leyenda:

Zona 1 bosque natural, Zona 2 bambú, Zona 3 acacia, Zona 4 teca, Zona 5 caoba, Zona 6 caoba densa, Zona 7 eucalipto, Zona 8 sup. deforestada.

Impacto ambiental del bambú (*Bambusa vulgaris* var. *vulgaris*. Schrad) en comparación con otras coberturas forestales sobre un suelo Pardo Ocrico Sin Carbonato.

5. Conclusiones

La presencia de la cobertura boscosa en las zonas mejora las propiedades físico – químicas y biológicas del suelo, así como su impacto ambiental sobre el ecosistema. De los resultados que las diferentes zonas ofrecen sobre los indicadores estudiados podemos concluir que:

1. La caracterización química de la hojarasca de bambú muestra valores superiores a las demás coberturas en cuanto a contenido de ceniza, la más baja relación C/N, y el contenido de N, solo superado por una leguminosa.
3. El efecto de los tratamientos sobre la micro y microbiología del suelo muestra a la zona 2 (bambú) con valores destacables, por encima de las demás coberturas artificiales.
4. La diversidad de la macrofauna encontrada en las zonas de estudio fue superior en la zona 2 (bambú), superando a la zona 1 (bosque natural).
5. El factor de estructura fue evaluado de regular con tendencia a bueno en la zona 2 (bambú) con resultados estadísticos similares a la zona 1 (bosque natural), incrementándose en 17% en su valor absoluto con relación a la zona 8 (superficie deforestada).
6. Se incrementó de manera significativa el contenido de fósforo y potasio asimilable del suelo, en la zona 2 (bambú), pasando a la categoría de muy alto en ambos nutrimentos.
7. La zona 2 (bambú) en las condiciones de estudio, logró disminuir las pérdidas de suelo por erosión hídrica en un 50 por ciento y aumentar la retención de carbono en 90 t/ha, en comparación con la zona 8 (superficie deforestada).

Impacto ambiental del bambú (*Bambusa vulgaris* var. *vulgaris*. Schrad) en comparación con otras coberturas forestales sobre un suelo Pardo Ocríco Sin Carbonato.

6. Recomendaciones

8. Continuar estudios de monitoreo de la dinámica de las propiedades, retención de carbono y degradación de los suelos.
9. Proponer a la Empresa forestal considerar esta finca como referencia para estudios posteriores de investigaciones en esta temática.
10. Profundizar en los estudios referidos a la caracterización de la biomasa del bambú y en los aspectos vinculados a la micro y macrofauna.

Impacto ambiental del bambú (*Bambusa vulgaris* var. *vulgaris*. Schrad) en comparación con otras coberturas forestales sobre un suelo Pardo Ocríco Sin Carbonato.

Referencias.

- **Acosta, M.; J.D Echevert; C, Monreal; K, Qednow; C, Hidalgo.** 2001. Un método para la medición del carbono en los compartimientos subterráneos (Suelo y Raíz) de sistemas forestales. Campus Montecillo México.
- **Adams, D.M.; Alig, R.J.; McCarl, B.A.; Callaway, J.M., y Winnett, S. M.** 1999. Minimum cost strategies for sequestering carbon in forests. *Land Economics* 75(3): 360-374.
- **Altieri, A. M.** 1996. Bases agroecológicas para una agricultura sustentable. Agroecología y Agricultura Sostenible. Módulo 1. p. 122-149.
- **Alvarado, Yelenys.** 2008. Conferencias de Microbiología, Maestría Agricultura Sostenible. UCLV.
- **Alvarado, Yelenys,** 2010. Comunicación personal.
- **Álvarez y Mercadet,** 2009. Estimación de la retención y de la línea base de carbono. Evaluación de indicador de sostenibilidad. SUMFOR v-2.12.
- **Álvarez, A.** 2002. Densidad de la madera de especies forestales arbóreas. Base de datos (V- 1.0), Instituto de Investigaciones Forestales.
- **Álvarez, A.** 2003. Cómo realizar los cálculos de las existencias de carbono retenido por una Empresa Forestal. Metodología. Proyecto 11.25: El Sector Forestal y el Cambio Climático. Segunda aproximación. Instituto de Investigaciones Forestales. 5p.
- **Alvear, Marisol.** 2007 Actividades biológicas y estabilidad de agregados en un suelo del bosque templado chileno bajo dos etapas sucesionales y cambios estacionales. *Revista de la ciencia del suelo y nutrición vegetal* ISSN 0718-2791 *versión on-line*.
- **Astier, Martha.** 2002. Hacia la recuperación de la vida en el suelo. *Agroecología* 18 (3): 4-50.
- **Ávila, J.** 1988. Ecología y silvicultura. p 264. Editorial Pueblo y Educación.

Impacto ambiental del bambú (*Bambusa vulgaris* var. *vulgaris*. Schrad) en comparación con otras coberturas forestales sobre un suelo Pardo Ocríco Sin Carbonato.

- **Babbar, L. y Zak, D.** 1995. Nitrogen loss from coffee agroecosystems in Costa Rica: leaching and denitrification in the presence and absence of shade trees. *Journal of Environmental Quality* 24: 227-233.
- **Barbudo,** 2000. Desarrollo Sostenible y Educación Ambiental. (Hernán Arjuela). Universidad de Meriño, 2000. Colombia.
- **Barroso, B, S.A.** 2000. Árboles exóticos en Cuba, Editorial científico técnica, La Habana, Cuba.
- **Bautista, A.; Etchevers, R.; del Castillo, R.; Gutiérrez, C.** 2004. La calidad del suelo y sus indicadores. Ecosistemas. Disponible: www.aeet.org/ecosistemas. [Consulta: 5 de diciembre 2009].
- **Betancourt, M; M. Álvarez; J. M. Montalvo y I. Cuesta.** 2004. Introducción y manejo del bambú y el ratán. Revista Forestal Baracoa. Número Especial en saludo al III Congreso Forestal. Vol. (1) p. 65- 71
- **Betancourt, M. A.; Álvarez, M.; León, J, S.; Montalvo, J. M,;** 2007. Manual técnico del Bambú. IIF. Ciudad de La Habana. Cuba.
- **Boerner, R.E.J., y S.D. Koslowsky.** 1989. Microsite variations in soil chemistry and nitrogen mineralization in a Beech-Maple Forest. *Soil Biol. Biochem.* 21:795-801.
- **Botero, R. & Russo, O.R.** 1999. Utilización de árboles y arbustos fijadores de nitrógeno en sistemas sostenibles de producción animal en suelos ácidos tropicales. en Conferencia electrónica de la FAO sobre "Agroforestería para la producción animal en Latinoamérica".
- **Briceño, JA; Pacheco R.** 2002. Métodos analíticos para el estudio de suelos y plantas. San José, CR. Editorial de la Universidad de Costa Rica, 156p.
- **Bronstein G. E.** 1984. Producción comparada de una pastura de *Cynodon plectostachyus* asociada con árboles de *Cordia alliodora*, con árboles de *Erythrina poeppigiana* y sin árboles. Tesis Mag. Sc. Turrialba, Costa Rica. CATIE. 110 p.

Impacto ambiental del bambú (*Bambusa vulgaris* var. *vulgaris*. Schrad) en comparación con otras coberturas forestales sobre un suelo Pardo Ocrico Sin Carbonato.

- **Bruce, James P. Lee, Hoesung y Haites, Erik F.** 1996. Climate change. 1995. Economic and social dimensions of climate change. Contribution of Working Group III to the Second Assessment. *Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. New York: Cambridge University Press.
- **Brussaard. L.** 1997. Biodiversity and Ecosystem Functioning in Soil. *Ambio*. Vol 26. p. 563.
- **Buresh, R.J. & Tian, G.** 1998. Soil improvement by trees in sub-Saharan Africa. *Agroforestry Syst.* 38 (1-3): 51-76.
- **Bustamante J.** 1991. Evaluación de comportamiento de ocho gramíneas forrajeras asociadas con poró (*Erythrina poeppigiana*) y solas. Tesis Mag. Sc. Turrialba, Costa Rica, CATIE, 131 p.
- **Cabrera, S., Noemí Fernández, E. O. Abreu, R. Curbelo y A. Bernal.** 2000. La materia orgánica y el estado energético de los vertisoles. II: Incidencia en la capacidad agroproductiva del suelo. Programas y resúmenes. XII Seminario científico, noviembre 14 al 17, 2000. INCA. Cuba. 129 p.
- **Cailliez F.,** 1980. Manuel sur l'estimation des volumes et de l'accroissement des peuplements forestiers avec références particulières aux forêts tropicales. 1 : Estimation des volumes. Nogent-sur-Marne, France, CTFT, 98 p.
- **Cairo. P, & Fundora. H. O.** 1994. Edafología. Ed Pueblo y educación. Ciudad de la Habana. 475pp.
- **Cairo, P., Malvis Carvajal & Machado, J.** 1996. Como mejorar la bioestructura de suelos degradados de la provincia de Santis Spiritus. *Rev. Agric. Orgánica*. N. 3. p. 7.
- **Cairo, P.** (2000). Alternativas para el mejoramiento de los suelos para el cultivo de la caña. *Agricultura Orgánica*, 14(2), 23-25.
- **Cairo, P.** 2001. La fertilidad física del suelo y la agricultura orgánica en el trópico. UCLV. CD – RDICT. Cuba. 138p.

Impacto ambiental del bambú (*Bambusa vulgaris* var. *vulgaris*. Schrad) en comparación con otras coberturas forestales sobre un suelo Pardo Ocríco Sin Carbonato.

- **Cairo, P., Goya, S., Machado, J., Díaz, B., Chaviano, B.** 2002. Mejoramiento de la fertilidad natural de los suelos Pardos Grisáceos (Inceptisols) dedicados al cultivo del tabaco. Centro Agrícola. 29 (3): p. 37 – 42.
- **Cairo, P.** (2003) Fertilidad física del suelo y la agricultura orgánica del trópico (CD Biblioteca UCLV, 350 pp).
- **Cairo, P y Fundora, O.** 2005. Edafología Primera y Segunda parte. Editorial: Félix Varela. Ciudad de la Habana. 475p.
- **Cairo P.** 2008. Conferencias de Manejo ecológico de suelo, Maestría Agricultura Sostenible.
- **Cairo P.** 2010. Comunicación personal.
- **Carmona, M, R.** 2008. Actividad respiratoria en el horizonte orgánico de suelos de ecosistemas forestales del centro y sur de Chile. Universidad de Concepción, Casilla 160-C, Chile. gayanabot@udec.cl.
- **Carvajal, J.F.,** 1984. Cafeto-Cultivo y fertilización. Berna, Suiza, Instituto de la Potasa.
- **Carvalho M M, Freitas V, Almeida D. S. & Villaca H.** 1994. Efeito de árvores isoladas sobre a disponibilidade e composicao mineral da forragem em pastagens de braquiaria. Sociedade Brasileira de Zootecnia 23 (5): 709-719.
- **CATIE, 2004.** Guadua-Bamboo. Investigación para el manejo y el mercadeo sostenible del Bamboo en Costa Rica y Colombia. Obtenida. Disponible en <http://web.catie.ac.cr/guadua/default.asp>.
- **Céspedes, M.F.** 2004. Cobertura boscosa de la Cuenca Hidrográfica Sagua la Grande. Trabajo de Titulación En opción al Título de Master en Ciencias, UCLV, 2004.
- **Céspedes, M.F.** 2010. Comunicación personal.

Impacto ambiental del bambú (*Bambusa vulgaris* var. *vulgaris*. Schrad) en comparación con otras coberturas forestales sobre un suelo Pardo Ocríco Sin Carbonato.

- **Christel Palmberg-Lerche**, 1999. Seminario Internacional sobre el Eucalipto: impacto ambiental, tecnologías y beneficios. México D.F. 14-16 de Octubre de 1999. BID/FAO/GDF/GEM/UACH.
- **Ciesla, W.** (2002); Climate change, forests and forest management, FAO Forestry Paper 226, Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome, p.158.
- **CONAGUA**. 2008. Estadística de agua en México 2008. 1ra. Edición. México: SEMARNAT.
- **Crespo, G. & Fraga, S.** 1996. Característica de la producción y descomposición de la hojarasca en varias leguminosas y gramíneas de pastoreo. X Seminario de Pastos y Forrajes. Resúmenes. p. 22.
- **Crespo, G. Rodríguez, I. Sánchez, R. & Fraga, S, Y.** 1999. Influencia de *Albizia lebbek* y *Leucaena leucocephala* en Indicadores del Suelo, el Pasto y los Animales en Sistemas Silvopastoriles.
- **Crespo, G. y Fraga, S.** 2003. Nota técnica acerca del aporte de la hojarasca y nutrientes al suelo por las especies *Cajanus cajan* (L.) Millsp y *Albizia lebbek* (L.) Benth en sistemas silvopastoriles. Revista Cubana de Ciencia Agrícola. 36: 397. ISSN: 0034 –7485.
- **Dávila C. A.** 2007. Elaboración de compost con residuos de Centro de Acopio (RCA), y su evaluación Alternativa como abono órgano-mineral. Tesis Maestría, Universidad Central de las Villas.
- **Deras, J. E.** 2003. Análisis de la Cadena Productiva del Bambú en Costa Rica. Tesis de Postgrado. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE). Turrialba, Costa Rica. Obtenida el 16 de Octubre de 2008. (En línea). Disponible en http://orton.catie.ac.cr/REPDOC/A0148E/A01_48E.PDF FAO. 2007.
- **Díaz, B. A.** 2005. La materia orgánica y calidad del suelo en el contexto de la agricultura sostenible. Monografía, Editorial Feijoo. Centro de Investigaciones Agropecuarias. UCLV. 49 p.

Impacto ambiental del bambú (*Bambusa vulgaris* var. *vulgaris*. Schrad) en comparación con otras coberturas forestales sobre un suelo Pardo Ocrico Sin Carbonato.

- **Effron, D.** 2001. Actividad de enzimas relacionadas a los ciclos del C, N, P y S en un suelo nativo de bosque. Influencia de algunos metales pesados sobre dicha actividad. 112 p. Tesis Magister Scientiae. Universidad de Buenos Aires, Facultad de Agronomía. Buenos Aires, Argentina.
- **Fair, A.** 1989. Agroforestry Systems in the Tropics. Forestry Science and Practice of Agroforestry No 1. ICRAF, Nairobi. 85 p.
- **FAO,** 1997. La Acacia y sus servicios en la protección ambiental. en sitio <http://www.fao.org/docrep/V5360E/v5360e08.htm>.
- **FAO** 1980. Metodología Provisional para la Evaluación de la degradación de los suelos. Roma Italia.
- **FAO,** 2009, Situación de los bosques del mundo, ISSN 1020-5721
- **Farell, G. J.** 1996. Sistemas Agroforestales. En Agroecología y Agricultura Sostenible. Módulo 2. p. 98.
- **Febles, G. & Ruiz, T. E.** 1996. Los árboles y arbustos en el agroecosistema. Rev. Agricultura Orgánica. 2: 7.
- **Francis, J. K,** 1993. *Bambusa vulgaris* Schrad ex Wendl. Bambú común. Previamente publicado en inglés: Francis, John K. 1993. *Bambusa vulgaris* Schrad ex Wendl. Common bamboo. SO-ITF-SM-65. New Orleans, LA: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station. 6 p.
- **Frioni, I.** 1990. Ecología microbiana del suelo. 519 p. Universidad de la República, Editorial Montevideo, Montevideo, Uruguay.
- **Fundora, O. y Yepis, Olga.** 2000. Ahorro de fertilizantes en empresas de cultivos varios y disminución de la contaminación ambiental. XIII Forum Municipal de Ciencia y Técnica. Santa Clara.
- **Fundación Solar,** GT. 2000. Elementos técnicos para inventarios de carbono en uso del suelo. Ed.L Marquez. Guatemala, GT, Fundación Solar. 31 p.
- **García y Martines-Laborde,** 1994. Introducción a la fisiología vegetal. Ediciones Mundi-Pensa, Madrid.

Impacto ambiental del bambú (*Bambusa vulgaris* var. *vulgaris*. Schrad) en comparación con otras coberturas forestales sobre un suelo Pardo Ocríco Sin Carbonato.

- **García, I. R.** 1968. Bacteriología, Edición Revolucionaria, Segunda Edición, La Habana.
- **Galiana A, Gnahoua G.M, Chaumont J, Lesueur D, Prin Y, & Mallet B** (1998) Improvement of nitrogen fixation in *Acacia mangium* through inoculation with rhizobium. Agroforestry Systems 40: 297-307 p
- **Gattorno, M. S.** 2008. Evaluación de la fertilidad actual del suelo Ferralítico rojo bajo condiciones de explotación intensiva en Empresas de Cultivos Varios de Villa Clara. Tesis de Diploma. UCLV. Cuba.
- **Geigel, F. B.** 1977. Nutrientes y materia orgánica devuelta al suelo mediante la hojarasca de diferente especies forestales. Revista Baracoa, Año 7, No 3-4, Julio-Diciembre.
- **Gómez – Echeverri, I.** (Ed.). 2000. Climate Change and Develoment. Yale School of Forestry & Enviromental Studies and UNDP. 427p.
- **Gómez, I.** 2009. Revista Ra Ximhai, ISSN 1665-0441 vol 5 No 3 raximhai@uaim.edu.mx Universidad Autónoma Indígena de México.
- **Gómez, R. J.** 2005. Tesis presentada en opción al título académico de Máster en Agricultura Sostenible. Universidad Central “Marta Abreu” de Las Villas. Facultad de Ciencias Agropecuarias.
- **Heledys Ríos Días,** 2010. Manejo ecológico de los suelos Pardos Grisáceos, experiencia de veinte años. Tesis en opción al titulo en Master en Ciencias en Agricultura sostenible.
- **Hernández, Marta & Sánchez, Saray.** 1999. Impacto de los sistemas silvopastoriles en la calidad del suelo. I Taller Internacional sobre Innovación Tecnológica, Socioeconomía y Gestión Agropecuaria. EEPF “Indio Hatuey”. en soporte magnético.
- **Hernández, I. & Simón, L.** 1994. Razones para emplear plantas leñosas en la ganadería vacuna. Taller Internacional. Sistemas Silvopastoriles en la Producción Ganadera. 1-39 p.
- **Hernández, A., Ascanio, O., Morales, Marisol, Cabrera, A.** 2005

Impacto ambiental del bambú (*Bambusa vulgaris* var. *vulgaris*. Schrad) en comparación con otras coberturas forestales sobre un suelo Pardo Ocríco Sin Carbonato.

Correlación de la nueva versión de clasificación genética de los suelos de Cuba con las clasificaciones internacionales y nacionales: Una herramienta útil para la investigación, docencia y producción agropecuaria. Instituto nacional de Ciencias Agrícolas (INCA) 62pp.

- **Hernández, J. M., I. Santa Regina, y J. F. Gallardo.** 1992. Dinámica de la descomposición de la hojarasca forestal en bosques de la cuenca del Duero (Provincia de Zamora): Modelización de la pérdida de peso. *Arid Soil Research and Rehabilitation* 6:339-355.
- **Hernández, M.** 2001. Silvicultura y Manejo de los Recursos Forestales. Comentarios preliminares: mario@taurus1.chapingo.mx
- **Herrero, J. A.** (2003). Fajas Forestales Hidrorreguladoras. Dirección Nacional Forestal. ISBN 959-246-076-0.
- **Herrero, J. A** (2005) Criterios e Indicadores de manejo forestal sostenible, una visión de futuro. ISBN 959-246-143-0.
- **Husch, B.** 2001. Estimación del contenido de carbono de los bosques. Simposio internacional medición y monitoreo de la captura de carbono en ecosistemas forestales. 18-20 octubre 2001, Valdivia Chile.
- **Ibáñez J, J.** 2006. Tipos de hojarasca y residuos vegetales: Relación con la descomposición de la materia orgánica del suelo. BLOGS, madri+d.
- **Ibrahim, M.; Camero, A.; Camargo, C. J. & Andrade, J. H.** 1999. Sistemas silvopastoriles en América Central: Experiencias de CATIE Sistemas Silvopastoriles Dominantes en América Central. VI Seminario Internacional Sobre Sistemas Agropecuarios Sostenibles. en soporte magnético.
- **Igarza, U. O.; E. C. Machado; N. P. Días.** 2010. El Compostaje como sistema de tratamiento y adecuación de los residuos orgánicos para fines forestales. Dpto. de Química, Facultad de Forestal y Agronomía, Universidad de Pinar del Río. Cuba. C. P. 20100.
- **Instituto de suelos,** 1975. Segunda clasificación genética de los suelos de Cuba. Academia de Ciencias de Cuba. Serie suelo 23, 36 p.

Impacto ambiental del bambú (*Bambusa vulgaris* var. *vulgaris*. Schrad) en comparación con otras coberturas forestales sobre un suelo Pardo Ocríco Sin Carbonato.

- **Instituto de Suelos.** 2001. Programa Nacional de Conservación y Mejoramientos de Suelos. AGRINFOR, la Habana., 5-7, 11, 19,31-32 p.
- **Instrucción para la ejecución de los manejos al patrimonio forestal de Cuba,** 1977. Localizable en Empresa Forestal Integral Villa Clara, usinformatico@vcl.cu.
- **IPCC.** 2000. Cambio climático 2000. Tendencia general de la captura de carbono en el suelo. Capítulo I, Equipo principal de redacción (directores de la publicación). Ginebra, Suiza.
- **IPCC.** 2007. Cambio climático 2007: Informe de síntesis. Contribución de los Grupos de trabajo I, II y III al Cuarto Informe de evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático [Core Writing Team, Pachauri, R.K, Reisinger, A. y Equipo principal de redacción (directores de la publicación)]. Ginebra, Suiza, 30 págs.
- **Jaramillo, D, F.** 2002 Introducción a la ciencia del suelo. Universidad Nacional de Colombia, Medellín. p 63-80.
- **Jóvenes, A y R joven** 2001, Suelos en el paisaje australiano, prensa de la universidad de Oxford, Melbourne.
- **Kass B T, Grime H, Lawson T.** 1985. The development of alley cropping as a promising agroforestry technology. *In:* H.A. Steppler, P.K. Nair (eds.). Agroforestry: a Decade of Development. International Center for Research on Agroforestry, Nairobi p.227-243.
- **Khanna, P.K.** 1998. Nutrient cycling under mixed-species tree systems in southeast Asia. *Agroforest Syst.* 38 (1-3) : 99-120.
- **Koch, A.S., and E. Matzner.** 1993. Heterogeneity of soil and soil solution chemistry under Norway spruce (*Picea abies* Kast.) and European beech (*Fagus sylvatica* L.) as influenced by distance from the stem basis. *Plant Soil* 151:222-237.
- **Kolmans. E & Vásquez. D.** 1996. Manual de Agricultura Ecológica. Ed Enlace. Managua. 219p.

Impacto ambiental del bambú (*Bambusa vulgaris* var. *vulgaris*. Schrad) en comparación con otras coberturas forestales sobre un suelo Pardo Ocríco Sin Carbonato.

- **Labrador, J.** 1996. La materia orgánica en los agrosistemas. Editorial Mundi Prensa. Madrid. España.
- **Laakso, J. & Setälä, H.** 1998. Composition and trophic structure of detrital food web in ant nest mounds of *Formica aquilonia* and in the surrounding forest soil. *Oikos*. 81 (2) : 266-278.
- **Lacoste A., Salanon R.,** 1991. Eléments de biogéographie et d'écologie. Paris, France, Nathan, 189 p.
- **Lavelle, P.; Dangerfield, M.; Fragoso, C.; Eschenbrenner, V.; López-Hernández, D.; Pashanasi, B. & Brussaard, L.** 1994. The relationship between soil macrofauna and tropical soil fertility. In: The biological management of tropical soil fertility (Ed. P.L. Woomer and M.J. Swift). TSBF. A Wiley-Sayce Publication, pag. 137.
- **Lavelle, P.** 2000. Ecological challenges for soil science. *Soil Sci* 165:73-86.
- **Locatelli, B.** 1999, Bosques tropicales y ciclo de carbono. Programa ambiental Nicaragua – Filadelfia.
- **Lodhiyal, L.S, and N. Lodhiyal.** 1997. Nutrient cycling and nutrient use efficiency in short rotation, high density Central Himalayan Tarai poplar plantations. *Annals of Botany* 79:517-527.
- **Londoño P., Ximena.** 2002. Distribución, Morfología, Taxonomía, Anatomía, Silvicultura y Usos de los Bambúes del Nuevo Mundo. Consultado el 16 de Octubre de 2008, Universidad Nacional de Colombia. (En línea). Disponible en <http://www.maderinsa.com/guadua/taller.html>.
- **López, G.; E. Fuentes y H. Vázquez.** 1981. Departamento de Suelo y Agroquímica. Ministerio de la Agricultura. Dirección General de Suelos y Fertilizantes. Resumen sobre los elementos fundamentales que deben ser redactados en cada epígrafe del informe de suelos por municipio a escala 1/25000.
- **López, A.** 2008. Rendimiento de biomasa de *Bambusa vulgaris* y su relación con la protección de los suelos en la provincia de Granma, Cuba. Estación Experimental Forestal Guisa. amarelle@udg.co.cu.

Impacto ambiental del bambú (*Bambusa vulgaris* var. *vulgaris*. Schrad) en comparación con otras coberturas forestales sobre un suelo Pardo Ocríco Sin Carbonato.

- **Magdoff, F.** 1997. Calidad y Manejo de suelo. Bases Científicas para una Agricultura Sostenible. Consorcio Latinoamericano sobre Agroecología y Desarrollo. Grupo Gestor Asociación Cubana de Agricultura Orgánica. La Habana. Cuba, 211p.
- **Masera O., M. Astier, S. López, Ridaura.** 1999. Sostenibilidad y manejo de recursos naturales. El marco de evaluación MESMIS. Mundi-Prensa México, S.A. de C. V. México.
- **McClure, F.A.** 1966. The bamboos: a fresh prospective. Cambridge, MA: Harvard University Press. 347 p.
- **MINAGRI,** 1977. Instrucción para la ejecución de la ordenación del patrimonio forestal de Cuba. Instituto Nacional de Desarrollo y Aprovechamiento Forestal. Ciudad de la Habana, 1977.
- **Monografias.com.** 2003. Elaboración de EM bokachi y su evaluación en el cultivar maíz bajo riego en Zapotillo.
- **Morales, Mayelin.** 2003. La materia orgánica y el estado de fertilidad de los suelos pardos con carbonatos bajo diferentes sistemas de manejo. Tesis de Maestría. FCA. UCLV. Cuba.90p.
- **Morris, D.** 2009. Abonos Orgánicos. INTA. Estación Experimental Agropecuaria Bordenave. Centro Regional Buenos Aires Sur (CERBAS). E-mail, daromorris@yahoo.com.ar.
- **Muñiz, O.** 2001. Los Sistemas Integrados de Nutrición Vegetal. Memorias del II Taller de Suelos. Proyecto Biopreparados. San Antonio de los Baños 5 – 6 de Diciembre del 2001.
- **Murgueitio, R. & Preston, R. T.** 1992. Los Sistemas Sostenibles de Producción como Respuesta a la Crisis de la Producción Pecuaria Tropical. Serie de Trabajos y Conferencias No. 6. Colombia. 9 p.
- **Nivia, Elsa.** 1994. Peligros del uso de plaguicidas en la degradación de los suelos. Memorias. 1er Congreso Latinoamericano y del Caribe sobre Nim y otros Insecticidas Vegetales. Santo Domingo. Republica Dominicana. p. 27.

Impacto ambiental del bambú (*Bambusa vulgaris* var. *vulgaris*. Schrad) en comparación con otras coberturas forestales sobre un suelo Pardo Ocríco Sin Carbonato.

- **Noval, E. A.** 2000. Importancia de la integración del árbol en la fertilidad de los suelos pecuarios. Tesis. Presentada en opción al Título Máster en Agricultura Sostenible. Universidad Central “Marta Abreu” de las Villas. Facultad de Ciencias Agropecuarias.
- **NRAG 595.** Tratamientos silviculturales, DNMCC, MINAGRIC. Disponible en Empresa Forestal Integral VC.
- **Ordenación (2005)** Proyecto de Organización y Desarrollo de la Economía Forestal. Disponible en Empresa Forestal Integral VC.
- **Paneque, V.M y Calaña, J.M.** 2004. Abonos Orgánicos. Conceptos prácticos para su evaluación y aplicación. La Habana. Primera edición. 7-22p.
- **Pérez-García, Nelson; Rueda-González, Manuel; Rojo-Martínez, Gustavo Enrique; Martínez- Ruiz, Rosa; Ramírez-Valverde, Benito; Juárez-Sánchez, José Pedro.** 2009. El bambú (*bambusa* spp.) como sistema agroforestal: una alternativa de desarrollo mediante el pago por servicios ambientales en la sierra nororiental del estado de Puebla Ra Ximhai, Vol. 5, Núm. 3, septiembre-diciembre, pp. 335-346 Universidad Autónoma Indígena de México, México.
- **Pineda, Emma.** 2002. Factores asociados con la respuesta de la caña de azúcar a los fertilizantes minerales. Tesis de doctorado. INICA.
- **Prause J., G. Arce de Caram y Angeloni, P. N.** 2003. Variación mensual en el aporte de hojas de cuatro especies forestales nativas del Parque Chaqueño Húmedo (Argentina). Cátedra de Edafología, Departamento Suelos, Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional del Nordeste. Sargento Cabral 2131, 3400 Corrientes. E-mail: prause@agr.unne.edu.ar.
- **Prieto Trueba Dania & Rodríguez, A C.** 1996. Índice de agregación de los invertebrados de la hojarasca en un bosque siempre verde de la reserva de la biosfera de Sierra del Rosario, Pinar del Río, Cuba: Análisis comparativo. Vol 10. Rev Biología.

Impacto ambiental del bambú (*Bambusa vulgaris* var. *vulgaris*. Schrad) en comparación con otras coberturas forestales sobre un suelo Pardo Ocríco Sin Carbonato.

- **Primavesi, Ana.** 1990. Manejo ecológico do solo. Ed Librería Nobel S.A. Brasil. 543p.
- **Reyes, A.** 2007. Selección de indicadores de calidad de los suelos de Tope de Collantes dedicados a la producción cafetalera Tesis de Doctorado. INCA 120p.
- **Ríos Días, Eledys,** 2010. El manejo ecológico de los suelos pardos grisáceos, una experiencia de 20 años, Tesis en opción a Master en Ciencias, UCLV.
- **Riqueiro, A.** (1998). La utilización del ganado en el monte arbolado gallego, un paso hacia el uso integral del monte. Investigaciones agrarias. p: 61-83.
- **Rol ambiental del Bambú.** Red Chilena del Bambú, disponible en ckhaler@fundacionchile.cl.
- **Saetre, P., and E. Baath.** 2000. Spatial variation and patterns of soil microbial community structure in a mixed spruce-birch stand. Soil Biol. Biochem. 32:909-917.
- **Sánchez, P. A.** 1994. Tropical soil fertility research: Towards the second paradigm. 15th World Congress of Soil Science. Vol.1. Inaugural and State of the Art Conferences. Transactions Acapulco. México. p.65.
- **Satur de Alba.** 2006. Profesor Dpto. de Geodinámica (UCM). Consultado el 25 de mayo de 2008.
- **Sedjo, R., y A. Solomon.** 1989. Greenhouse Warming: Abatement and Adaptation. *RFF Proceedings*, eds. P. Crosson, J. Darmstadter, W. asterling, y N. Rosenberg. Pag: 110_119.
- **SEF.** 2009. Dinámica Forestal. Disponible en Delegación Provincial del Minagric en Villa Clara.
- **SEF.** 2010. Plan de desarrollo Forestal hasta 2015, Disponible en Delegación Provincial del Minagric en Villa Clara.
- **Segura, M.** 2001. Estimación de carbono en ecosistemas forestales: Los aportes de modelos de biomasa. En: Curso cambio climático: El Mecanismo

Impacto ambiental del bambú (*Bambusa vulgaris* var. *vulgaris*. Schrad) en comparación con otras coberturas forestales sobre un suelo Pardo Ocríco Sin Carbonato.

de Desarrollo Limpio y el Sector Forestal, 24 – 27 de Septiembre, 2001. CATIE. Costa Rica.

- **Siavosh, S., Rivera, J. M. & María Elena Gómez.** 1999. Impacto de sistemas de ganadería sobre las características físicas, químicas y biológicas de suelos en los Andes de Colombia. Conferencia electrónica de la FAO sobre "Agroforestería para la producción animal en Latinoamérica".
- **Sierra, Araceli., & Ileana, Fernández García.** 1997. Evaluación taxonómica y ecológica de coleópteros edáficos en el cultivo de la caña de azúcar Rev. Biología 11:113 p.
- **Simón, L., Hernández, I., & Ojeda, F.** 1998. Protagonismos de los árboles en los sistemas silvopastoriles. Los árboles en la ganadería. Tomo 1. Silvopastoreo. ed EEPF "Indio Hatuey" Matanzas. p 23-32.
- **Torres M. M.,** (2010) Bambú, SDR, Puebla, México. f_alberto05@yahoo.com.mx.
- **Torres, J. M y Guevara, A.** 2002. El potencial de México para la producción de servicios ambientales: captura de carbono y desempeño hidráulico. *Gaceta Ecológica. Instituto nacional de ecología. Número 063,* 40-59.
- **Torres, P., y A. Abril.** 1996. Dinámica microbiana del suelo en un desmonte selectivo del Chaco Árido argentino. *Ciencia del Suelo* 14:30-36.
- **Torres, S.** 2008. Conferencias de Ecofisiología, Maestría Agricultura Sostenible. UCLV.
- **Unasyuva,** 2009. Revista internacional de Silvicultura e industrias forestales, vol 60, ISSN 0251-1584.
- **Van Kooten, G. Cornelius; Binkley, Clark S.; y Delcourt, Gregg.** 1995. Effect of carbon taxes and subsidies on optimal forest rotation age and supply of carbon services. *American Journal of Agricultural Economics.* 77(5): 365-374.

Impacto ambiental del bambú (*Bambusa vulgaris* var. *vulgaris*. Schrad) en comparación con otras coberturas forestales sobre un suelo Pardo Ocríco Sin Carbonato.

- **Watson, R. T.** 2001. The carbon cycle- policy nexus. COP – 6 Bis, July 17 2001, Bonn, Germany.
- **Wildin, H, J.** 1986. Alley farming and the humid and subhumid tropics. Proceedings of and international workshop held at Ibadan, Nigeria. Trees in forage systems. 71 – 81p.
- **Wittmann, c, Káhkónen, M., Ilvesniemi, H., Kurolaa, J., Salkinoja-Salonena, M.** 2004. Areal activities and stratification of hydrolytic enzymes involved in the biochemical cycles of carbon, nitrogen, sulphur and phosphorus in podsolized boreal forest soils. Soil biology and biochemistry. 36: 425-433.
- **Young, A.** 1989. Agroforestry for Soil Conservation. CAB International, Londres. 276 p.
- **Zak, D.R., D.F. Grigal, and L.F. Ohmann.** 1993. Kinetics of microbial respiration and nitrogen mineralization in Great Lakes forests. Soil Sci. Am. J. 57:1100-1106.

Impacto ambiental del bambú (*Bambusa vulgaris* var. *vulgaris*. Schrad) en comparación con otras coberturas forestales sobre un suelo Pardo Ocrico Sin Carbonato.

Anexos.

8.1 Categorías de evaluación de algunas propiedades físicas y químicas de los suelos.

% de Materia Orgánica (Método de Walkley y Black)	
% de Materia Orgánica	Categoría
< 1.5	Muy bajo
1.5 – 3.0	Bajo
3.1 – 5.0	Mediano
> 5.0	Alto

Fuente: López y col., (1981)

P ₂ O ₅ y K ₂ O (Método de Oniani) para suelos no cañeros, sólo para otros cultivos. (mg/ 100g-1)		
P ₂ O ₅	K ₂ O	Categoría
< 6	< 7	Bajo
6 – 11	7 – 14	Mediano
11 – 15	14 – 20	Alto
> 15	> 20	Muy alto

Fuente: Fundora y Yepis., (2000)

Permeabilidad (log k)	Categoría
2.00 – 2.50	Excelente
1.50 – 2.00	Adecuado
1.00 – 1.50	Regular
< 1.00	Malo

Fuente: Cairo., (2003)

Impacto ambiental del bambú (*Bambusa vulgaris* var. *vulgaris*. Schrad) en comparación con otras coberturas forestales sobre un suelo Pardo Ocrico Sin Carbonato.

Factor de estructura (%)	Categoría
80 – 100	Excelente
65 – 80	Bueno
55 – 65	Regular
< 55	Malo

Fuente: Cairo., (2002)

8.2 Escala de evaluación utilizada para humus y abono orgánico.

Categoría	%N	%P	%K	%MO
Bajo	-1.2	-1.0	-0.8	-30
Medio	1.2-1.8	1.0-1.5	0.8-1.2	30-45
Alto	1.8-2.2	1.5-2.0	1.2-1.8	45-60
Muy Alto	+2.2	+2.0	+1.8	+60

Fuente: NRAG 564 Análisis foliar. Reglas generales.

Relación C/N

Categoría	R C/N
Buena	10-15
Regular	15-20
Mala	+20

Fuente: NRAG 564 Análisis foliar. Reglas generales.

Impacto ambiental del bambú (*Bambusa vulgaris* var. *vulgaris*. Schrad) en comparación con otras coberturas forestales sobre un suelo Pardo Ocríco Sin Carbonato.

Evaluación de pH

Categoría	pH H ₂ O	abonos orgánicos	pH KCl	Suelo
Muy ácido		-5.0		-3.5
ácido		5-5.5		3.5-4.5
Mediano ácido		5.5-6		4.5-5.5
Lig ácido		6-6.5		5.5-6.5
neutro		6.5-7.5		6.5-7.5
Ligeramente alcalino		7.5-8		7.5-8
Medianamente alcalino		8-8.5		8-8.8
alcalino		+8.5		+8.5

Fuente: NRAG 564 Análisis foliar. Reglas generales.

8.3 Simbología de la composición de especies existentes en la zona 1 (bosque natural).

3Gto- 30 % de Guasima (*Guazuma tomentosa*)

2 Ol- 20 % de Yaya (*Oxandra lanceolata*)

2 Rr- 20 % de Palma real (*Roystonea regia*)

1Gt – 10 % de Yamagua (*Guarea trichiloides*)

1Thi- 10 % de Guaban (*Trichilia hirta*)

1Lsp- 10 % de otras especies latifolias.

Fuente: Instrucción para la ejecución de la ordenación del patrimonio forestal de Cuba. (1977)

Impacto ambiental del bambú (*Bambusa vulgaris* var. *vulgaris*. Schrad) en comparación con otras coberturas forestales sobre un suelo Pardo Ocrico Sin Carbonato.