

**EVALUACIÓN DE TENORES DE CARBONO ORGANICO EN DIFERENTES  
SISTEMAS DE PASTOREO, ESTANCIA PARCERIZA PARAGUARÍ**

**INFORME FINAL**

**Por**

**Prof. Ing. Agr. Gustavo A. Rolón Paredes**

Universidad Nacional de Asunción

Facultad de Ciencias Agrarias

Carrera de Ingeniería Agronómica – Área de Producción Animal

San Lorenzo, Paraguay - Diciembre de 2016

## INDICE

|  | Pag       |
|--|-----------|
| <b>1. INTRODUCCIÓN.....</b>  | <b>3</b>  |
| <b>2. REVISIÓN DE LITERATURA .....</b>   | <b>4</b>  |
| <b>3. METODOLOGÍA.....</b>   | <b>10</b> |
| <b>4. RESULTADOS .....</b>   | <b>11</b> |
| 4.1 Evaluación de los tenores de carbono orgánico en el sistema de pastoreo<br>rotativo intensivo..... | <b>11</b> |
| 4.2 Evaluación de los tenores de carbono orgánico en el sistema de pastoreo<br>semi – intensivo .....  | <b>13</b> |
| 4.3 Evaluación de los tenores de carbono orgánico en el sistema de pastoreo<br>continuo.....           | <b>15</b> |
| <b>5. CONCLUSIONES.....</b>  | <b>17</b> |
| <b>6. RECOMENDACIONES .....</b>  | <b>17</b> |
| <b>7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>  | <b>18</b> |
| <b>ANEXOS.....</b>   | <b>21</b> |

## **1. INTRODUCCIÓN**

El ciclo de carbono es la sucesión de transformaciones del carbono a lo largo del tiempo, y en él se ven implicadas actividades básicas para el sostenimiento de la vida. En la actualidad existen cambios en el ciclo del carbono, en gran medida resultado de las actividades antrópicas por el cambio de uso del suelo, que son considerados importantes sumideros y reguladores de carbono en el planeta.

El secuestro de carbono en el suelo es el proceso de transformación del carbono del aire al carbono orgánico, almacenando en el suelo. A través del secuestro de carbono, los niveles de CO<sub>2</sub> atmosférico pueden reducirse en la medida que los niveles de carbono orgánico del suelo aumentan.

Tanto las pasturas naturales como las implantadas absorben CO<sub>2</sub> de la atmosfera y lo fijan en el suelo, por eso es importante determinar o evaluar el tenor de almacenamiento de carbono con que dotan estos dos sistemas de uso.

Esta investigación tiene como objetivo evaluar los tenores de carbono orgánico en pastura natural e implantada, de zonas altas, medias y bajas y como hipótesis se plantea encontrar diferencias en las diferentes zonas y sistemas de pastoreo.

## **2. REVISIÓN DE LITERATURA**

### **2.1 Ciclo de Carbono**

El ciclo de carbono se establece a través de un ciclo lento donde la producción de carbono se mide en cientos de miles de años e implica desgaste de las rocas y la disolución de carbonatos en la tierra y en los océanos. Otra parte corresponde al ciclo de producción rápida de carbono que se mide en años o décadas y es de carácter fundamentalmente biológico (Coyne 2000).

El mismo autor define al ciclo de carbono como una secuencia de transformaciones mediante las cuales el CO<sub>2</sub> adquiere formas orgánicas por fotosíntesis o quimiosíntesis, se recicla a través de la biosfera y finalmente regresa a su estado mediante la respiración y la combustión.

El ciclo de carbono es el intercambio a escala global de carbono entre sus depósitos, es decir la atmósfera, océanos, vegetación, suelos y depósitos geológicos y minerales. Comprende componentes en las cadenas alimentarias, en la atmósfera en forma de dióxido de carbono, en la hidrósfera y en la geósfera (IPCC-El Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático 2005).

#### **2.1.2 Flujo de carbono**

Según Jaramillo (2007), el flujo entre la superficie terrestre y la atmósfera representa un balance entre el flujo debido al cambio de uso del suelo, que es actualmente positivo, y un componente residual, que es por inferencia negativo o un sumidero de carbono. La captura de carbono se identifica con la existencia de sumideros en Norte de América, Europa y Eurasia, asociada al recrecimiento de la vegetación en áreas agrícolas abandonadas, a la prevención de fuegos, además de las respuestas de las plantas, temporadas más largas de crecimiento y al efecto de la fertilización por el propio aumento de CO<sub>2</sub> atmosférico y por la deposición de nitrógeno.

#### **2.1.3 Tenor de carbono**

De acuerdo a Casanova et al. (2011), el carbono es la unidad principal de la vida del planeta y su ciclo es fundamental para el desarrollo de todos los organismos.

El carbono se almacena en compartimientos llamados depósitos y circula activamente entre ellos; los océanos son los que almacenan mayor cantidad con 38.000

Giga toneladas (Gt= mil millones de toneladas), seguido por el suelo (1.500 Gt a 1 metro de profundidad), la atmósfera (750 Gt) y las plantas (560 Gt). Cualquier desequilibrio entre los flujos de entrada y salida se refleja en la concentración del CO<sub>2</sub> atmosférico. La absorción del CO<sub>2</sub> por las plantas a través de la fotosíntesis está en equilibrio con la respiración de las plantas y el suelo.

Según los mismos autores, los principales componentes de almacenamiento de carbono en el uso de la tierra son el carbono orgánico del suelo (COS) y la biomasa aérea. La vegetación es la encargada de incorporar el carbono atmosférico al ciclo biológico por medio de la fotosíntesis, de igual manera, el suelo participa en el reciclaje y almacenamiento de carbono en estos sistemas.

La captura de carbono atmosférico por las plantas está íntimamente ligada al intercambio recíproco de agua con la atmósfera, proceso conocido como transpiración. En general mayores tasas de fijación de carbono se asocian a mayores pérdidas transpirativas del agua. Por su parte, aumentos en las tasas de transpiración bajo iguales condiciones de precipitación restringen el agua disponible para otros flujos de agua (Jobbágy et al. 2006).

El suelo puede actuar como fuente o reservorio de C hacia la atmósfera, dependiendo del uso que se le asigne. El manejo agrícola convencional de suelos, con uso intensivo del arado, promueve la liberación de C en formas orgánicas dentro del suelo (Martínez et al. 2008).

Según Escobar (2011), la acumulación en el suelo es un proceso importante para mitigar efectos del cambio climático, ya que el suelo, además de ser un sumidero, es un reservorio de carbono estabilizado.

## **2.2 Carbono orgánico del suelo**

El carbono orgánico en los suelos presenta un balance dinámico entre la absorción de material vegetal muerto y la pérdida por descomposición (mineralización). En condiciones aeróbicas del suelo, gran parte del carbono que ingresa se acumula en la fracción húmica estable (FAO 2002).

La cantidad de carbono orgánico del suelo es muy variable, dependiendo principalmente del tipo de suelo y la vegetación existente (Barreto et al. 2008).

La mayor parte del carbono orgánico del suelo procede de las plantas. Este carbono representa los residuos de las plantas en la superficie del suelo y de la descomposición de las raíces presentes en el (Coyne 2000).

El carbono orgánico total, debido a su estricta relación con los atributos físicos, químicos y biológicos del suelo es considerado un importante indicador de su calidad. Cerca de 10 a 15 % de la reserva total del carbono del suelo es constituida por macromoléculas (proteínas y aminoácidos carbohidratos simples, complejos, resinas, lignina y otros), y el 85 a 90 % por las sustancias húmicas (Silva et al. 2004).

El contenido de carbono orgánico en el suelo, además de influenciar positivamente en varios atributos físicos, y químicos es deseable porque captura al carbono de la atmósfera, en la cual este elemento contribuye en el aumento del efecto invernadero (Mello et al. 2003).

En los ecosistemas naturales, el carbono orgánico es incorporado al suelo por dos vías principales. La primera es la vía epigea y se refiere a los aportes originarios de los restos vegetales y animales que se depositan en la superficie del suelo para formar mantillos o rastrojos, y por compuestos orgánicos liberados por las hojas vivas y que son arrastradas por el agua de la lluvia, constituyendo los pluviolixiviados. La otra vía de entrada es endógena, donde los aportes son debidos a la exudación de las raíces vivas (rizodepósitos) o a los productos de descomposición cuando la planta muere. Parte de esas incorporaciones es utilizada para la manutención y crecimiento de la biomasa microbiana (inmovilización), parte se estabiliza en la forma de sustancias humificadas (humificación) y parte es transformada en sustancias minerales solubles o gaseosas, como el gas carbónico (Cerri et al. 1991).

### **2.2.1 Relación de uso de la tierra y secuestro de carbono**

La captura y almacenamiento de carbono constituye el llamado secuestro de carbono, donde los arboles y plantas absorben el dióxido de carbono, liberan oxígeno y almacenan el carbono. Los combustibles fósiles en un tiempo fueron biomasa y continuaron almacenando carbono hasta su muerte (IPCC 2005).

Hontoria et al. (2004), mencionan que la mayor parte de los estudios sobre fijación de carbono se están realizando en ambientes templados-húmedos o tropicales y existiendo pocas investigaciones en la zona mediterránea sobre el aporte del suelo como sumidero de carbono. Estas zonas degradadas, presentan un elevado potencial para fijar carbono atmosférico a través de prácticas de manejo adecuadas o de cambios de uso, siendo así de gran importancia tanto para la calidad del suelo y el clima.

Carrasco et al. (2004), revelan que los cambios en el uso de la tierra y el incremento en el uso de los combustibles fósiles ha elevado las concentraciones atmosféricas de CO<sub>2</sub> en el aire, el cual es el principal responsable del efecto invernadero en el planeta.

Por otra parte, el cambio de uso del suelo, ha sido y es una de las principales causas que contribuye a la emisión de gases de efecto invernadero. El dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) es el gas de mayor importancia desde el punto de vista del calentamiento global debido al volumen producido todos los años, con un aumento en su concentración atmosférica. El CO<sub>2</sub> es responsable del 50% del calentamiento global debido a la absorción de la radiación térmica emitida por la superficie de la tierra (Jobbágy et al. 2006).

En una investigación realizada por Hontoria et al. (2004) en España, sobre el porcentaje de carbono en cinco usos del suelo (bosque, matorral, pastizal, cultivos leñosos y cultivos herbáceos), encontraron una diferencia significativa entre las medias de los valores de un bosque y un pastizal con un porcentaje de 3,9 y 3,3% respectivamente, siendo el matorral el uso que presentó el mayor porcentaje de carbono (5,8) con relación a los usos estudiados.

### **2.3 Carbono en pasturas**

Las pasturas son un gran potencial no explotados para atenuar el cambio climático mediante la acumulación o captura de dióxido de carbono, que si bien manejados podrían ser más importantes que los bosques en la generación de créditos de carbono (Petteri 2003).

Según informe de la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, FAO (2002), las tierras de pastoreo ocupan 3.200 millones de hectáreas y almacenan entre 200 y 420 Pg en el ecosistema total, una gran parte del mismo debajo de la superficie y por tanto, en un estado relativamente estable, en general, el contenido de carbono de un suelo bajo pasturas es mayor que bajo cultivos.

Con respecto a la biomasa Vegetal, las mayores ganancias de carbono son claramente capitalizadas en mayores acumulaciones de biomasa en los troncos de los árboles en menor medida en las raíces más gruesas de los árboles, cuya vida media es mucho mayor que la de las plantas herbáceas. Con respecto al suelo, algunas evidencias locales y síntesis de trabajos realizados en todo el mundo indican que el suelo mineral de

pastizales, por lo general no ganaría materia orgánica tras ser forestado y que en sistemas húmedos el suelo podría perder carbono (Jobbágy et al. 2008)

Existe evidencia que demuestra que las fincas ganaderas pueden aportar al secuestro de carbono mediante la implementación de sistemas agroforestales; los bosques remanentes, áreas de vegetación secundaria en regeneración, pasturas arboladas y otros usos de tierra dedicados a labores agrícolas pueden fungir como sumideros de carbono atmosférico (Ibrahim et al. 2008).

Según Camargo et al., mencionados en Ibrahim et al. (2008), los datos reportados de pasturas tropicales en Latinoamérica muestran como el establecimiento de pasturas mejoradas logra aumentar los niveles de carbono bajo el suelo. En Brasil, el establecimiento de pasturas mejoradas en áreas deforestadas provocó incrementos en la acumulación de carbono orgánico.

Arias et al. (2001), evaluó a la especie forrajera *Gliricidia sepium*, donde obtuvo un almacenamiento de 309 kg de C/ha y una tasa de fijación de 123,6 kg de C/ha/año. En el almacenamiento obtuvo 653 kg de C/ha y una tasa de fijación de 327 kg de C/ha/año. La presencia de árboles y arbustos forrajeros favoreció la productividad de los sistemas (con cultivos o animales), a la vez que contribuyó a reducir la emisión de C, generando recursos como leña, madera, y que pueden constituirse en un atractivo para financiar proyectos dirigidos a pequeños y medianos productores.

Según Fisher et al. (2000), observaron y verificaron que en los suelos de pasturas introducidas o implantadas en las sabanas, se obtuvo una mayor acumulación de carbono en comparación a la vegetación nativa o natural.

Pero por otra parte también Yaranga et al. (2013) sostienen que en algunas situaciones en que las pasturas introducidas que son manejadas inadecuadamente, pueden presentar menores valores de acumulación de carbono en el mismo periodo, en comparación a la pastura natural.

Los resultados de Ramírez et al. (2009), muestran que pasturas de *Brachiaria humidicola* asociadas con leguminosas herbáceas, presentan mayores coeficientes de correlación entre peso de raíces y captura de carbono que las pasturas degradadas. Siendo los valores de los coeficientes corresponden a 0,78 y 0,83, para topografías plana y pendiente. El mayor desarrollo radicular de todas las gramíneas estudiadas, que han sido manejadas con pastoreo permanente, se presenta en los primeros 10 centímetros de profundidad, 6,4 y 7,0 toneladas de M.S ha<sup>-1</sup> en terreno de pendiente y plano

respectivamente. Estos valores contrastan con los encontrados para la profundidad de 10-20 para las mismas topografías, los cuales se reducen hasta menos de 1 ton de Materia Seca por hectárea.

### 3. METODOLOGÍA

La estancia Parceriza se encuentra localizada en el distrito de Paraguari, departamento Paraguari aproximadamente a 67 km de Asunción, el punto medio de la misma se encuentra en las coordenadas 25°40'39,5'' S 57°07'09,2'' W.

Para la evaluación del contenido de carbono orgánico del suelo, se procedió a identificar y dividir áreas de estudio en base a diferentes sistemas de pastoreo; el sistema rotativo intensivo, el pastoreo continuo y el pastoreo semi-intensivo y zonas en base a la geomorfología siendo estas alta, media y baja.

En cada sistema de pastoreo y zona correspondiente, se procedió a realizar minicalicatas hasta 60 cm de profundidad de las cuales fueron extraídas muestras cada 10 cm para la evaluación del carbono orgánico. Posterior a las minicalicatas se procedió a utilizar un barreno tipo calador para obtener muestras hasta 100 cm de profundidad.

Las muestras obtenidas fueron remitidas al laboratorio del área de Suelos y Ordenamiento Territorial de la FCA-UNA para los análisis correspondientes. La metodología utilizada para la determinación de carbono es la propuesta por Walkley y Black, oxidación del carbono con dicromato de potasio y titulación con sulfato ferroso, utilizando ortophenantrolina como indicador (Peech et al 1947; Walkley, 1935).

Una vez obtenido los resultados se procederá a ordenar los mismos para su análisis y comparación en las diferentes zonas y sistemas de pastoreo consideradas en este estudio.

## 4. RESULTADOS

### 4.1 Evaluación de los tenores de carbono en el sistema de pastoreo rotativo intensivo. Estancia Parceriza – Parguarí.

4.1.1 Tabla 1. Tenores de carbono orgánico en la zona alta, pastoreo rotativo intensivo.

| Profundidad (cm) | % de Carbono Orgánico |
|------------------|-----------------------|
| 0 – 10           | 0,98                  |
| 11 - 20          | 0,98                  |
| 21 – 30          | 0,90                  |
| 31 – 40          | 0,47                  |
| 41 – 50          | 0,35                  |
| 51 – 60          | 0,3                   |
| 61 – 70          | 0,3                   |
| 71 – 80          | 0,3                   |
| 81 – 90          | 0,2                   |
| 91 - 100         | 0,2                   |

4.1.2 Tabla 2. Tenores de carbono orgánico en la zona media, pastoreo rotativo intensivo.

| Profundidad (cm) | % de Carbono Orgánico |
|------------------|-----------------------|
| 0 – 10           | 0,98                  |
| 11 - 20          | 0,99                  |
| 21 – 30          | 0,91                  |
| 31 – 40          | 0,46                  |
| 41 – 50          | 0,45                  |
| 51 – 60          | 0,33                  |
| 61 – 70          | 0,31                  |
| 71 – 80          | 0,31                  |
| 81 – 90          | 0,30                  |
| 91 - 100         | 0,27                  |

4.1.3 Tabla 3. Tenores de carbono orgánico en la zona baja, pastoreo rotativo intensivo.

| Profundidad (cm) | % de Carbono Orgánico |
|------------------|-----------------------|
| 0 – 10           | 1,01                  |
| 11 - 20          | 0,97                  |
| 21 – 30          | 0,88                  |
| 31 – 40          | 0,60                  |
| 41 – 50          | 0,44                  |
| 51 – 60          | 0,44                  |
| 61 – 70          | 0,43                  |
| 71 – 80          | 0,50                  |
| 81 – 90          | 0,17                  |
| 91 - 100         | 0,21                  |

En el sistema de pastoreo rotativo intensivo, no se evidencia diferencias importantes en cuanto a las zonas alta, media y baja. Se aprecia disminución del carbono orgánico a profundidad lo cual sigue una tendencia normal para los suelos excepto exista un horizonte A enterrado, según lo expresado por varios autores entre los que se puede mencionar a Porta, 2003.

**4.2 Evaluación de los tenores de carbono en el sistema de pastoreo semi - intensivo. Estancia Parceriza – Parguarí.**

4.2.1 Tabla 4. Tenores de carbono orgánico en la zona alta, pastoreo semi – intensivo.

| Profundidad (cm) | % de Carbono Orgánico |
|------------------|-----------------------|
| 0 – 10           | 0,97                  |
| 11 - 20          | 0,98                  |
| 21 – 30          | 0,91                  |
| 31 – 40          | 0,46                  |
| 41 – 50          | 0,35                  |
| 51 – 60          | 0,28                  |
| 61 – 70          | 0,30                  |
| 71 – 80          | 0,29                  |
| 81 – 90          | 0,14                  |
| 91 - 100         | 0,20                  |

4.2.2 Tabla 5. Tenores de carbono orgánico en la zona media, pastoreo semi – intensivo.

| Profundidad (cm) | % de Carbono Orgánico |
|------------------|-----------------------|
| 0 – 10           | 0,94                  |
| 11 - 20          | 1,02                  |
| 21 – 30          | 0,91                  |
| 31 – 40          | 0,49                  |
| 41 – 50          | 0,44                  |
| 51 – 60          | 0,39                  |
| 61 – 70          | 0,31                  |
| 71 – 80          | 0,27                  |
| 81 – 90          | 0,25                  |
| 91 - 100         | 0,27                  |

4.2.3 Tabla 6. Tenores de carbono orgánico en la zona baja, pastoreo semi – intensivo.

| Profundidad (cm) | % de Carbono Orgánico |
|------------------|-----------------------|
| 0 – 10           | 1,13                  |
| 11 - 20          | 1,14                  |
| 21 – 30          | 0,95                  |
| 31 – 40          | 0,61                  |
| 41 – 50          | 0,45                  |
| 51 – 60          | 0,44                  |
| 61 – 70          | 0,35                  |
| 71 – 80          | 0,41                  |
| 81 – 90          | 0,27                  |
| 91 - 100         | 0,31                  |

En el sistema de pastoreo semi – intensivo no se aprecia diferencias importantes en cuanto a las zonas alta, media y baja, al igual que en el sistema de pastoreo rotativo intensivo; así mismo se da un decrecimiento en los tenores del carbono orgánico.

### 4.3 Evaluación de los tenores de carbono en el sistema de pastoreo continuo. Estancia Parceriza – Parguarí.

4.3.1 Tabla 7. Tenores de carbono orgánico en la zona alta, pastoreo continuo.

| Profundidad (cm) | % de Carbono Orgánico |
|------------------|-----------------------|
| 0 – 10           | 0,99                  |
| 11 - 20          | 0,99                  |
| 21 – 30          | 0,93                  |
| 31 – 40          | 0,44                  |
| 41 – 50          | 0,40                  |
| 51 – 60          | 0,30                  |
| 61 – 70          | 0,30                  |
| 71 – 80          | 0,28                  |
| 81 – 90          | 0,18                  |
| 91 - 100         | 0,17                  |

4.3.2 Tabla 8. Tenores de carbono orgánico en la zona media, pastoreo continuo.

| Profundidad (cm) | % de Carbono Orgánico |
|------------------|-----------------------|
| 0 – 10           | 1,02                  |
| 11 - 20          | 0,95                  |
| 21 – 30          | 0,90                  |
| 31 – 40          | 0,47                  |
| 41 – 50          | 0,45                  |
| 51 – 60          | 0,38                  |
| 61 – 70          | 0,32                  |
| 71 – 80          | 0,25                  |
| 81 – 90          | 0,25                  |
| 91 - 100         | 0,29                  |

4.3.3 Tabla 9. Tenores de carbono orgánico en la zona baja, pastoreo continuo.

| Profundidad (cm) | % de Carbono Orgánico |
|------------------|-----------------------|
| 0 – 10           | 1,03                  |
| 11 - 20          | 0,98                  |
| 21 – 30          | 0,97                  |
| 31 – 40          | 0,53                  |
| 41 – 50          | 0,35                  |
| 51 – 60          | 0,41                  |
| 61 – 70          | 0,35                  |
| 71 – 80          | 0,45                  |
| 81 – 90          | 0,19                  |
| 91 - 100         | 0,25                  |

En el sistema de pastoreo continuo, el comportamiento del carbono orgánico no muestra diferencias entre los demás sistemas de pastoreo considerados en el trabajo, mostrando las mismas tendencias. Esto evidencia que en el primer año de evaluación aun no se pueden notar diferencias en el contenido de carbono orgánico en diferentes sistemas de pastoreo.

## **5. CONCLUSIONES**

La evaluación de los tenores de carbono en diferentes sistemas de pastoreo y zonas realizadas en la estancia Parceriza, permite realizar las siguientes conclusiones:

- 1- En todas zonas y sistemas de pastoreo se da un decrecimiento en los tenores de carbono hasta los 100 cm de profundidad.
- 2- No se observa diferencias en el contenido de carbono orgánico entre las zonas y sistemas de pastoreo.
- 3- Se rechaza, la hipótesis planteada en esta investigación.

## **6. RECOMENDACIONES**

Se sugiere repetir los muestreos de suelos realizados en la estancia Parceriza, de manera a dar mayor confiabilidad a los resultados.

## 7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Arias, K; Ruiz, C; Milla, M; Messa, H; Escobar, A. 2001. Almacenamiento de carbono por *Gliricidia sepium* en sistemas agroforestales de Yaracuy, Venezuela. Consultado el 25 de Setiembre del 2015. Disponible en: <http://www.lrrd.org/lrrd13/5/ruiz135.htm>

Barreto, A; Galvão, M; Soledad, P; Araújo, Q; Freire, F; Borges, E. 2008. Fraccionamento químico e físico do carbono orgânico total em um solo de mata submetido a diferentes usos. Consultado el 25 de Setiembre del 2015. Disponible en: [http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0100-06832008000400011&script=sci\\_arttext](http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0100-06832008000400011&script=sci_arttext)

Carrasco, R; Demanet, H; Flores, R; Grez, M; Mora, L. 2004. Cambio climático y gases de efecto invernadero desde sistemas agrícolas. Santiago de Chile, CHI: CEPAL. 432 p.

Casanova, F; Petit, J; Solorio, J. 2011. Los sistemas agroforestales como alternativa a la captura de carbono en el trópico mexicano. Consultado el 25 de Setiembre del 2015. Disponible en: [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S0186-32312011000100013&script=sci\\_arttext](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S0186-32312011000100013&script=sci_arttext)

Ceballos, A; Schnabel, S.1998. Comportamiento de la humedad del suelo en una pequeña cuenca hidrográfica en la Dehesa Extremeña. Consultado el 25 de Setiembre del 2015. Disponible en: <dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/262454.pdf>

Cerri, C; Volkoff, B; Andreux, F. 1991. Naturaleza y comportamiento de la materia orgánica en el suelo bajo bosque natural, y después de la deforestación, rebabas y cultivo, cerca de Ecología y Gestión Manaus. Oregon, EEUU: Forest Ecology. 257 p.

Coyne, M. 2000. Microbiología del suelo: un enfoque exploratorio. 1ª Edición. Madrid, ES: Paraninfo. 440 p.

DCEA-Dirección de Censos y Estadísticas Agropecuarias. 2008. CENSO AGROPECUARIO NACIONAL 2008. Consultado el 25 de Setiembre del 2015. Disponible en: <http://www.mag.gov.py/Censo/Book%201.pdf>

Escobar, G. 2011. Calentamiento global en Colombia. Consultado el 25 de Setiembre del 2015. Disponible en: <http://www.bdigital.unal.edu.co/3673/1/gonzaloduqueescobar.201138.pdf>

Fassbender, H.; Bornemisza, E. 1987. Química de suelos con énfasis en suelos de América Latina. Consultado el 25 de Setiembre del 2015. Disponible en: <http://orton.catie.ac.cr/REPDOC/A9793E/A9793E.PDF>

Fisher, M; Trujillo, W, 2000. Fijación de carbono por pastos tropicales en las sabanas de los suelos ácidos neotropicales. Consultado el 25 de Setiembre del 2015. Disponible en: <http://www.fao.org/3/a-x6366s/x6366s08.htm>

Glatzle, A. 2009. Ganadería chaqueña en pasturas implantadas: características, potencialidades y servicios ambientales. Consultado el 25 de Setiembre del 2015. Disponible en: [http://www.chaconet.com.py/inttas/projects/pdf/a\\_glatzle\\_ganaderia\\_chaquena.pdf](http://www.chaconet.com.py/inttas/projects/pdf/a_glatzle_ganaderia_chaquena.pdf)

Hernández, M; Sánchez, S; Crespo, G; García, Y. 2008. Factores bióticos y abióticos que influyen en la descomposición de la hojarasca en pastizales. Consultado el 25 de Setiembre del 2015. Disponible en: [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0864-03942008000200001](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0864-03942008000200001)

Hontoria, C; Rodríguez, J; Saa, A. 2004. Contenido de carbono orgánico en el suelo y factores de control en la España Peninsular. . Consultado el 25 de Setiembre del 2015. Disponible en: <http://www.edafologia.net/revista/tomo11b/articulo149.pdf>

Ibrahim, M; Chacón, M; Cuartas, C; Naranjo, J; Ponce, G; Vega, P; Casasola, F; Rojas, J. 2007. Almacenamiento de carbono en el suelo y en la biomasa arbórea en sistemas de usos de la tierra en paisajes ganaderos de Colombia, Costa Rica y Nicaragua. Agroforestería en las Americas. Managua, NI: Susaeta Nicaragua SA. 37 p.

IPCC-El Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático. 2005. La captación y el almacenamiento de dióxido de carbono. Consultado el 25 de Setiembre del 2015. Disponible en: [https://www.ipcc.ch/pdf/special-reports/srccs/srccs\\_spm\\_ts\\_sp.pdf](https://www.ipcc.ch/pdf/special-reports/srccs/srccs_spm_ts_sp.pdf)

Jaramillo, V. 2007. El ciclo global del carbono Chile. Consultado el 25 de Setiembre del 2015. Disponible en: <http://www2.inecc.gob.mx/publicaciones/libros/437/jaramillo.html>

Jobbágy, E; Vasallo, M; Farley, K; Piñeiro, G; Garbulsky, M; Noretto, M; Jackson, R; Paruelo, J. 2006. Forestación en pastizales, hacia una visión integral de sus oportunidades y costos ecológicos. Consultado el 25 de Setiembre del 2015. Disponible en: <http://www.fagro.edu.uy/~agrociencia/VOL10/2/pp109-124.pdf>

Martínez, E; Fuentes, J; Acevedo, E. 2008. Carbono orgánico y propiedades del suelo. Consultado el 25 de Setiembre del 2015. Disponible en: [http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0718-27912008000100006](http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-27912008000100006)

Melo, V; Gianluppi, D; Uchoa, S. 2003 Características edafológicas dos solos do estado de Roraima. Boa Vista, BR: Embrapa Roraima. 28 p.

Núñez, E; Ruiz, M; Chuk, D; Rossini, B. 2013. Determinación de perfiles de humedad en suelos homogéneos a través de un método geoelectrico. Consultado el 25 de Setiembre del 2015. Disponible en:

[http://www.scielo.org.ar/scielo.php?pid=S185020672013000200013&script=sci\\_arttext](http://www.scielo.org.ar/scielo.php?pid=S185020672013000200013&script=sci_arttext)

Petteri, S. 2003. Secuestro de carbono a través de plantaciones de eucalipto en el trópico húmedo. Foresta Veracruzana. Consultado el 25 de Setiembre del 2015. Disponible en: <http://www.redalyc.org/pdf/497/49750101.pdf>

Porta, J; López, R; Acevedo, M; Roquero, C. 2003. Edafología para la agricultura y el medio ambiente. Madrid, ES: Editorial Mundi Prensa. 226 p

Ramírez, B; Ramírez, H; Suárez, J. 2009. Captura de carbono y desarrollo radicular de sistemas de uso del suelo en la Amazonia Colombiana. Consultado el 25 de Setiembre del 2015. Disponible en: <http://www.lrrd.org/lrrd21/6/rami21091.htm>

Rucks, L; García, F; Kaplán, A; Ponce De León, J; Hill, M. 2004. Propiedades físicas del suelo. Montevideo, UR: HUM. 57 p.

Silva, N; L. Pinto, L; Rojas, N. 2004. Contribución de material orgánico terrígeno en fiordos australes chilenos. XXIV Congreso de Ciencias del Mar. Coquimbo, CHI: Resmes. 140 p.

Yaranga, R; Custodio, M. 2013. Almacenamiento de carbono en pastos naturales altoandinos. Consultado el 25 de Setiembre del 2015. Disponible en: [dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/5113731.pdf](http://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/5113731.pdf)

## ANEXOS

ANEXO 1. Imágenes de los trabajos durante el muestreo de suelos.



Foto 1. Minicalicata construida para el muestreo de suelos.



Foto 2. Utilización de barreno calador para obtención de muestras hasta 100 cm de profundidad.



(a)



(b)

Foto 3 (a) y (b), extracción de muestras de suelo de 0 a 100 cm de profundidad.