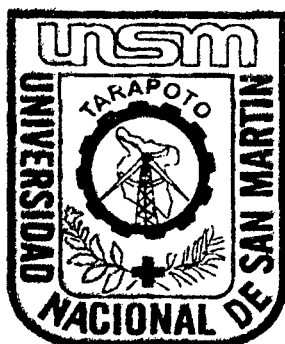


UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTÍN
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS



**“Estimación de captura de carbono en cuatro especies
de pasturas y uno de maíz como testigo en
Cuñumbuque – San Martín”**

TESIS

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
INGENIERO AGRÓNOMO**

**PRESENTADO POR EL BACHILLER:
FREDY CHÁVEZ BAZÁN**

TARAPOTO – PERÚ

2 003



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTIN

FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS

DEPARTAMENTO ACADÉMICO AGROSILVO PASTORIL

**AREA DE MEJORAMIENTO Y PROTECCIÓN DE
CULTIVOS**

**“Estimación de captura de carbono en cuatro especies de
pasturas y uno de maíz como testigo en Cuñumbuque – San
Martín”.**

TESIS

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO AGRÓNOMO

PRESENTADO POR EL BACHILLER:

FREDY CHÁVEZ BAZÁN

MIEMBROS DEL JURADO

.....
Ing. Julio Ríos Ramírez
Presidente

.....
Ing. Williams Ramirez Navarro
Miembro

.....
Ing. M. Sc. Jorge Sánchez Ríos
Miembro

.....
Ing. Cesar E. Chappa Santa
Asesor

DEDICATORIA

A DIOS por brindarme la vida, a mis queridos padres DELFÍN y MARGARITA, por el sacrificio, confianza y aliento para culminar con éxito mi carrera profesional.

A mi querido hijo Pool Gersinio por forma parte de esta aventura universitaria y culminar con éxito mi carrera profesional.

A mis hermanos JORGE, MARIANO Y JESÚS y sus esposas e hijos por mostrar esa unión durante toda mi formación profesional.

A la futura madre de mis hijos, que con amor, cariño y respeto hará de ellos buenos compañeros y profesionales.

AGRADECIMIENTO

- Mi especial reconocimiento y gratitud al Ing. Agrónomo Cesar Enrique Chappa Santa María, Docente Asociado de la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional de San Martín; Asesor de la presente tesis, por su acertada orientación durante todo el trabajo.
- A los Ingenieros: Henry Fernando Chota Guerra, Elías Torres Flores y Eybis José Flores García, por ese gran apoyo en la interpretación de datos y así concluir la presente tesis.
- A la señora Nutricionista Erodita Ruiz Ramírez, por apoyo constante e incondicional durante la ejecución del trabajo.
- Al Ing. Aquilino García Bautista, a la familia Mego Mego y a la familia Borbor del Águila y alo compañeros de la Fraternidad Blanca de Metafísica, por los sabios consejos y culminar con éxito mi carrera profesional.
- A los profesionales, amigos de la Facultad de Ciencias Agrarias y compañeros de trabajo que de una u otra forma, contribuyeron con su apoyo para culminar la presente tesis.

CONTENIDO

I. INTRODUCCIÓN	1
II. OBJETIVOS	2
III. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA	3
IV. MATERIALES Y MÉTODOS	33
V. RESULTADOS	40
VI. DISCUSIÓN DE RESULTADOS	44
VII. CONCLUSIONES	48
VIII. RECOMENDACIONES	49
IX. RESUMEN	50
X. SUMMARY	51
XI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	52

I. INTRODUCCIÓN

Sabemos que los bosques albergan una gran porción de la diversidad biológica de la tierra y que son componentes importantes de los ciclos globales de carbono e hidrógeno. Actualmente, la deforestación de casi 17 millones de hectáreas por año causa emisiones anuales a la atmósfera de 1.8 Giga toneladas (Gt) de carbono como bióxido de carbono, gas que mayor contribución tiene en el Calentamiento Global. Esto representa el 20 % del total de bióxido de carbono emitido por el hombre.

La captura de carbono por medio de la reforestación posibilita una racionalidad económica que permite reducir el calentamiento global y preservar los recursos forestales.

Las emisiones de gas de invernadero resultan de la quema de combustibles fósiles y otras actividades humanas. Se estima que cada año son emitidas a la atmósfera seis millones de toneladas de carbono en la forma de CO₂. Estas emisiones amenazan con alterar el equilibrio energético de la tierra y así elevar la temperatura global. El calentamiento global podría provocar cambios significativos en los patrones climatológicos de la tierra, alterando los ecosistemas naturales y la estructura de la actividad humana.

Aunque los gases de invernadero son un problema global, no tienen un origen global. 95 % de las emisiones industriales de CO₂ son producidas en el hemisferio norte, el cual es dominado por países industrializados.

II. OBJETIVOS

- 2.1. Cuantificar las reservas de Carbono de la biomasa aérea, en la hojarasca y en el suelo en cuatro especies de pastos: *Brachiaria brizantha*, *Brachiaria decumbes*, *Pennisetum purpureun*, *Saccharum sinensis* y el cultivo de maíz, en el Distrito de Cuñumbuque, Provincia de Lamas, Departamento de San Martín.

- 2.2. Establecer las relaciones fisiológicas pertinentes entre los tratamientos evaluados en relación a un testigo (maíz).

III. REVISIÓN DE LITERATURA

3.1. De la descripción de las especies

a. Marandú (*Brachiaria brizantha*)

Cárdenas (1999), menciona que es una gramínea originaria de la región volcánica de África específicamente Zimbabwe, este pasto se caracteriza por ser perenne muy robusta de 1.5 a 2.5 m de altura con tallos erectos y postrados, tiene rizomas muy cortos y encorvados. Los pedúnculos florales son erectos, tienen abundante inflorescencia, con semillas pilosas en la parte ventral. Las hojas tienen un largo de 5 a 40 cm y de 5 a 15 mm de ancho. Se adapta a todos los climas tropicales del mundo.

b. Braquiara común (*Brachiaria decumbes*)

Reyes (1992), indica que es una gramínea nativa de los pastizales abiertos de Uganda (África Oriental), es perenne, decumbete, con estolones largos y muchos nudos que forma un césped denso. Las plantas poseen una altura de 60 a 100 cm con gran cantidad de pedunculos florales por cada cepa. Los tallos son postrados. Las hojas son pubescentes y lanceoladas. La inflorescencia es una panícula de 2 a 5 racimos, es propio de climas tropicales y sub tropicales.

c. Pasto Elefante (*Pennisetum purpureun*)

OCEANO (1999), reporta que es una graminia perenne que procede de la zona tropical de Africa. Posee raíces gruesas y rizomatosas; los tallos generalmente ramificados, cilíndricos y jugosos alcanzan una altura de

hasta 3.5 m . Las hojas llegan a medir 1m de longitud, la inflorescencia consiste en una panícula compacta, de forma cilíndrica.

d. King grass (*Saccharum sinensis*)

Ramos (1979), menciona que este forraje es nativo de Africa del sur; posee hojas anchos y largos. Su color va desde el pardo claro; el tallo puede alcanzar un diametro entre 13 a 15 mm, florece entre los meses diciembre y febrero. Por lo general la floración aparece cuando la planta alcanza desde 1 m hasta 1.5 m y su crecimiento no se detiene, la inflorescencia consiste en una panícula muy similar al *Pennisetum* (P. elefante).

e. Maíz (*Zea mays*)

OCEANO (1999), hace referencia que el maíz es ua gramínea anual, las cuatro o cinco raíces que se desarrollan inicialmente a partir de la semilla (raíces primarias). Las hojas se disponen alternadamente en dos filas a lo largo del tallo. Los tallos o caña los forman una sucesión de nudos y entrenudos. El maíz produce flores unisexuales masculinas y femeninas, agrupadas en inflorescencias, en distintas partes de la planta.

Cuadro 1: Energías de diferentes gramíneas.

Gramíneas	Mater. Seca (%)	Ceniza (%)	Fibra (%)	Proteínas (%)	Bovinos Kcal/kg
<i>Pennisetum purpureum</i>	17.2	2.6	5.7	1.2	2140
<i>Saccharum sinensis</i>	23.9	2.3	8.9	1.5	2090
<i>Zea mays</i>	28.2	2.4	7.8	7.3	2810
<i>B. decumbes</i>	29.9	1.7	25.5	2.3	2760
<i>B. brizantha</i>	30.1	1.9	28.1	15.5	2811

FUENTE: MC DOWELL (1974).

3.2. Mayor parte del carbono terrestre estaría almacenado bajo los pastos

¿Será posible que 2 mil millones de toneladas de carbono desaparecido, estén escondidos bajo los terrenos con pastos de todo el mundo?. Los informes de una red del Servicio de Investigación Agrícola (ARS) para vigilar el dióxido de carbono en 11 Estados del Centro y el Oeste de EE.UU., muestran que los suelos de los terrenos con pastos podrían estar almacenando una porción grande del carbono. <http://www.agroandino.com/mailto:info@agroandino.com>

La red, estimulada por un misterio anunciado en los años 80's, está formada desde 1995 por personas en todo el mundo que desarrollan modelos de computadora sobre el carbono. Ellos no podían explicar de donde venían 2 mil millones de toneladas de carbono emitidas anualmente en la forma del dióxido de carbono, como resultado de la quema de los combustibles fosiles, la eliminación de los bosques, y otras actividades.

Los científicos de la red deseaban saber si los terrenos con pastos eran el sitio de almacenamiento del carbono desaparecido, pues los terrenos en pastos son el tipo de paisaje más extendido en todo el mundo, abarcando cerca de la mitad de la superficie de la tierra, incluyendo 824 millones de acres en EE.UU.

Los resultados de la red hasta ahora muestran que los 126 millones de acres de pasto en la Zona de las Praderas de EE.UU. podrían estar almacenando 9 millones de toneladas métricas de carbono anualmente. Los científicos del

ARS calculan que los terrenos con pastos en EE.UU. tienen la capacidad para almacenar de 30 a 110 millones de toneladas métricas de carbono anualmente. Esta cantidad es cerca de 5 por ciento de las emisiones totales anuales de carbono en EE.UU. <http://www.agroandino.com/mailto:info@agroandino.com>.

El conocimiento sobre la ubicación del almacenamiento del carbono desaparecido podrá ayudar en la gestión de éste almacenamiento. Las investigaciones de la red muestran que los granjeros todavía pueden usar el terreno para pastar, si la utilización no es excesiva.

Los terrenos con pastos tienen una ventaja, comparados con los bosques como un sitio de almacenamiento del carbono, porque la mayoría del carbono se encuentra en terrenos subterráneos y por eso no puede ser liberado por el fuego. <http://www.agroandino.com/mailto:info@agroandino.com>

3.3. Tendencia general de la captura de carbono en el suelo

El incremento en la atmósfera de los llamados gases de invernadero (GHG) y el consecuente cambio climático tendrán efectos importantes en el siglo XXI. Si bien los escenarios exactos todavía son inciertos, son de esperar serios efectos negativos aunque se esperan también algunos efectos positivos por lo que es esencial que sea tomado un cierto número de medidas para reducir las emisiones de gases de invernadero y para incrementar su captura en los suelos y en la biomasa. Para ello, deben ser desarrolladas nuevas estrategias y políticas apropiadas para el manejo de la agricultura y los bosques. Una

opción se basa en la captura de carbono en los suelos o en las biomásas terrestres, sobre todo en las tierras usadas para la agricultura o la forestación. A partir del Protocolo de Kyoto esto se conoce como *Uso de la Tierra, Cambio en el Uso de la Tierra y Forestación* (LULUCF) y concierne los artículos 1.3 y 1.4 del Protocolo (IPPC, 2000).

La toma de acción para la captura de carbono bajo el Protocolo de Kyoto u otro tratado post - Kyoto no solo estimulará cambios importantes en el manejo del suelo sino que también, por medio de un incremento en el contenido de materia orgánica tendrá efectos significativos directos en sus propiedades y un impacto positivo sobre las cualidades ambientales o agrícolas y sobre la biodiversidad. Las consecuencias incluirán una mayor fertilidad del suelo y productividad de la tierra para la producción de alimentos y para la seguridad alimentaria. Esta herramienta económica también hará que las prácticas agrícolas sean más sostenibles y ayudará a prevenir o mitigar la degradación de los recursos de la tierra. (IPPC, 2000).

3.4. Carbono y materia orgánica en el suelo. El papel de los suelos en el ciclo del carbono

En este ciclo, el carbono orgánico del suelo representa la mayor reserva en interacción con la atmósfera y se estima que cerca de 1 500 Pg C a 1 m de profundidad (cerca de 2 456 a dos metros de profundidad). El carbono inorgánico representa cerca de 1 700 Pg pero es capturado en formas más estables tales como el carbonato de calcio. La vegetación (650 Pg) y la atmósfera (750 Pg) almacenan considerablemente menos cantidades que los

suelos. Los flujos entre el carbono orgánico del suelo o terrestre y la atmósfera son importantes y pueden ser positivos bajo la forma de captura o negativos como emisión de CO₂.

Houghton (1995) estima que las emisiones correspondientes al cambio de uso de la tierra, deforestación e incremento del pastoreo y de las tierras cultivadas fueron cerca de 140 Pg entre 1850 y 1990 (de 0,4 Pg/año en 1850 a 1,7 Pg/año en 1990), con una liberación neta hacia la atmósfera de 25 Pg de carbono. De acuerdo con **(IPCC, 2000)**, la pérdida histórica de los suelos agrícolas fue de 50 Pg de carbono en el último medio siglo, lo cual representa un tercio de la pérdida total del suelo y la vegetación.

En el pasado, el desarrollo de la agricultura fue la principal causa del incremento de la concentración de CO₂ en la atmósfera, pero hoy día, los mayores contribuyentes son la combustión de los combustibles fósiles por parte de la industria y el transporte (6,5 Pg/año). Un hecho importante, es que mientras la deforestación de muchas áreas tropicales produce emisiones de carbono estimadas en 1,5 Pg/año, al mismo tiempo se produce una acumulación en los ecosistemas terrestres de 1,8 a 2 Pg/año. Esto representa lo que es conocido como el *carbono faltante* en el ciclo: un sumidero que podría estar situado principalmente en la parte norte del hemisferio norte **(Schindler, 1999)**. Los principales factores que actúan sobre la evolución de la materia orgánica conciernen la vegetación -ingreso de residuos, composición de las plantas-, los factores climáticos -condiciones de

temperatura y humedad- y las propiedades del suelo -textura, contenido y mineralogía de la arcilla, acidez.

Otros factores relacionados con la fertilización del suelo (N, P o S) o con el riego, tienen efecto sobre la producción de las plantas y por lo tanto sobre el contenido de materia orgánica. La tasa de mineralización de la materia orgánica del suelo depende sobre todo de la temperatura y de la disponibilidad de oxígeno -drenaje-, el uso de la tierra, los sistemas de cultivo, el manejo del suelo y de los cultivos (Lal *et al.*, 1995). En un tipo de suelo dado expuesto a prácticas constantes, se alcanza un casi-equilibrio -situación estable- de la materia orgánica del suelo después de 30 a 50 años (Greenland, 1995). En el contexto del combate del calentamiento global y del Protocolo de Kyoto, un punto importante es cómo crear en los suelos agrícolas de todo el mundo un sumidero de carbono bien cuantificado. Tal captura de carbono será relevante para los artículos 3.3 y 3.4 del Protocolo y también tendrá efectos positivos adicionales para la agricultura, el ambiente y la biodiversidad.

3.5. Dinámicas del carbono orgánico en los suelos

Las existencias de carbono orgánico presente en los suelos naturales representan 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 al mismo es lábil y sola una pequeña fracción (1%) del que ingresa (55 Pg/año) se acumula en la fracción húmica estable (0,4 Pg/año). (Feller 1979 y Balesdent 1996).

La materia orgánica del suelo tiene una composición muy compleja y heterogénea y está por lo general mezclada o asociada con los constituyentes minerales del suelo. Se han desarrollado un gran número de métodos de separación para identificar los distintos constituyentes de la materia orgánica del suelo, grupos cinéticos, p. ej. grupos que pueden ser definidos por una cierta tasa de recambio del carbono. El sistema tradicional de separación en fracciones fúlvicas y húmicas no separa las fracciones con diferentes tasas de recambio (**Balesdent, 1996**) como se considera en los modelos.

Los métodos de separación física tales como el fraccionamiento según el tamaño de las partículas, la densidad de las fracciones o las fracciones por tamaño de los agregados permiten la separación de fracciones cinéticas significativas (**Felier 1979 y Balesdent 1996**). Entre estas fracciones, las partículas de materia orgánica son muy sensibles a los cambios en el uso de la tierra (**Cambardella 1998 y Gregorich et al. 1996**).

Existen algunos métodos directos para determinar la biomasa microbiana, la cual representa de uno a cinco por ciento del total de la materia orgánica del suelo y es una fuente de reserva de nutrientes (N, P). Esta es una fracción muy lábil que fluctúa con la estación y que también responde rápidamente a los cambios de manejo del suelo. Los métodos de isótopos tales como el carbono 14 o la abundancia natural del carbono 13 son muy valiosos ya que permiten una estimación del tiempo de residencia de la materia orgánica y sus fracciones en el suelo. La abundancia de carbono 13 natural es adecuada para las tasas de recambio para períodos de años a siglos y el carbono 14

para períodos de siglos a milenios. Ambos pueden ser aplicados a muestras masivas de suelos o a fracciones aisladas de los mismos. El método de la abundancia de carbono 13 natural puede ser usado solamente si en ese sitio ha ocurrido un cambio de vegetación de un tipo fotosintético C₃ a un tipo C₄ o viceversa.

La gran ventaja de los métodos isotópicos radica en que la tasa de recambio de la materia orgánica puede ser medida de modo de deducir directamente el tiempo de residencia de los diferentes compartimientos. Cuando hay un cambio importante en la vegetación (bosques/cultivos/pasturas) es posible seguir la evolución de los distintos tipos de residuos de las plantas (**Cerri et al., 1985**).

Los diferentes reservorios de carbono que existen en el suelo tienen distintos tiempos medios de residencia variando de uno a pocos años, dependiendo de la composición bioquímica por ejemplo, la lignina es más estable que la celulosa, a décadas o a más de 1000 años (fracción estable). También hay alguna conexión con la composición, pero principalmente con el tipo de protección o el tipo de uniones químicas. Para la fracción del carbono estable se debe hacer una distinción entre la protección física o química o captura: Protección física significa un encapsulado de los fragmentos de la materia orgánica por las partículas de arcilla o por los macro o microagregados del suelo; protección química se refiere a uniones especiales de la materia orgánica con otros constituyentes del suelo coloides ó arcillas, pero más a menudo esto concierne compuestos orgánicos del suelo muy estables. Sin

embargo, el término captura de carbono tal como se usa en el Protocolo de Kyoto no toma en consideración esas distinciones y es equivalente al término almacenamiento de cualquier forma de carbono. (Puget *et al.*, 1995 y Balesdent *et al.*, 2000)

Los diferentes grupos de materia orgánica en los suelos son influenciados por distintos factores. Las partículas de materia orgánica libre y la biomasa microbiana de los suelos son controladas por el aporte de residuos de cultivos o cobertura del suelo y el clima. La agregación del suelo, la textura y la mineralogía controlan la materia orgánica en macroagregados y por lo tanto, la labranza tiene un gran efecto sobre el tamaño de esos reservorios. Los otros reservorios son menos afectados por los factores agronómicos pero lo son sobre todo por factores pedológicos (microagregación, composición de la arcilla). <http://www.Unfccc.de>

3.6. El papel fundamental de la materia orgánica en los suelos

La materia orgánica del suelo es un indicador clave de la calidad del suelo, tanto en sus funciones agrícolas (producción y economía) como en sus funciones ambientales -entre ellas captura de carbono y calidad del aire. La materia orgánica del suelo es el principal determinante de su actividad biológica. La cantidad, la diversidad y la actividad de la fauna del suelo y de los microorganismos están directamente relacionadas con la materia orgánica. La materia orgánica y la actividad biológica que esta genera tienen gran influencia sobre las propiedades químicas y físicas de los suelos. La agregación y la estabilidad de la estructura del suelo aumentan con el

contenido de materia orgánica. Estas a su vez, incrementan la tasa de infiltración y la capacidad de agua disponible en el suelo así como la resistencia contra la erosión hídrica y eólica. La materia orgánica del suelo también mejora la dinámica y la biodisponibilidad de los principales nutrientes de las plantas. **(Robert, 1996).**

3.7. Manejo del carbono en tierras áridas y en áreas tropicales

Este informe hace énfasis en las tierras áridas y en las tierras tropicales, que son las zonas de mayor interés para los países en desarrollo.

Las tierras áridas se definen por evapotranspiración que representa la relación de la precipitación con la evapotranspiración potencial (P/PET) con valores $<0,05$ para tierras hiperáridas, $<0,20$ para tierras áridas y de $0,20$ a $0,50$ para tierras semiáridas. Estas son las tierras secas más características, pero a menudo la zona árida subhúmeda ($0,50-0,65$) también se incluye en la misma. Las tierras áridas representan cerca del 40 por ciento de las tierras del globo. Las zonas hiperáridas naturales cubren un área estimada en 1 000 millones de hectáreas mientras que las tierras áridas, semiáridas y áridas subhúmedas cubren un área de 5 100 millones de hectáreas. **(Middleton y Thomas, 1997).**

Si bien el contenido de carbono y la capacidad de fijar CO_2 por unidad de superficie en las tierras áridas son bajos, pueden de cualquier manera hacer una contribución importante a la captura global de carbono y al mismo tiempo prevenir o disminuir la tasa de desertificación. Con esta amplia definición, una

gran parte de las tierras áridas se incluye en el área tropical definida como la parte intertropical del mundo, la que representa el 37,2 por ciento de la superficie terrestre (4 900 millones de hectáreas). **(Alexandratos, 1995)**

Las tierras también pueden ser clasificadas de acuerdo a su tipo de ocupación. Las tierras cultivadas representan 750 millones de hectáreas en la zona templada y 650 millones de hectáreas en la zona tropical. La extensión total de tierras disponibles para los cultivos en zonas de secano es de alrededor de 2 600 millones de hectáreas, pero los bosques cubren una parte de las mismas 1700 millones de hectáreas y otra parte no puede ser efectivamente usada a causa de serias limitaciones. Las tierras bajo riego 120 millones de hectáreas están incluidas. **(Alexandratos, 1995)**

Los bosques tropicales cubren grandes áreas que representan más de 2 000 millones de hectáreas y son fundamentales para la salud del planeta. La mayor parte de estas áreas se encuentran en los países en desarrollo. La mejor solución sería protegerlas o por lo menos el manejo sostenible posible, especialmente en la parte de los mismos que ya está degradada (13 por ciento en América del Sur, 19 por ciento en África y 27 por ciento en Asia); otras posibles soluciones serán discutidas más adelante.

Las pasturas permanentes o las tierras de pastoreo cubren más de 3 000 millones de hectáreas, la mayor parte de las cuales está en tierras áridas; el estado de degradación de estas tierras es estimado entre 14 y 31 por ciento.

De acuerdo a la Evaluación Global de la Degradación del Suelo (GLASOD), las tierras degradadas representan una gran proporción de los distintos tipos de tierras, cualquiera sea su tipo de ocupación. El total llega a 1 965 millones de hectáreas en todo el mundo, la mayoría de las cuales se encuentra en áreas tropicales y en tierras áridas. (Oldeman et al., 1991)

Las degradaciones física y química, que son los procesos principales, muy a menudo resultan en degradación biológica. La erosión hídrica y eólica componen, cuantitativamente, los procesos de degradación más importantes. Las principales causas son la deforestación, el sobrepastoreo y el mal manejo de los suelos. La pérdida de materia orgánica no ha sido identificada como un proceso específico de degradación, pero cerca de la mitad de los suelos químicamente degradados están exhaustos. (Robert y Stengel, 1999)

Cuadro 2: Degradación mundial de suelos en relación a los cuatro procesos principales de degradación* (terreno moderada a extremadamente degradado, millones de ha).

Área	Erosión hídrica	Erosión eólica	Degradación química	Degradación física	Total (x 10 ⁶ ha)
África	170	98	36	17	321
Asia	315	90	41	6	452
América del Sur	77	16	44	1	138
América Central y del Norte	90	37	7	5	139
Europa	93	39	18	8	158
Australia	3	15	1	2	21
Total	748	295	147	39	1 229**

Fuente: Oldeman et al., 1991.

Los tres factores causantes, de importancia similar, son deforestación, sobrepastoreo y mal manejo agrícola. El total llega a 1 965 millones de hectáreas si se agregan los suelos ligeramente afectados.

El contenido de materia orgánica del suelo es por lo general más bajo donde la degradación es más severa. La cantidad de carbono que puede ser capturada por medio de la rehabilitación de tierras degradadas será, por lo tanto, importante en áreas donde es técnica y socio-económicamente una opción viable. En los suelos tropicales, la degradación de los suelos inducida por la hombre afecta del 45 al 65 por ciento de las tierras agrícolas, dependiendo del continente. Esta situación hace que el margen de progreso para la captura de carbono en suelos tropicales degradados sea muy alto. Los beneficios adicionales relacionados incluirán el mejoramiento de las propiedades químicas, la biodisponibilidad de elementos -mayor fertilidad- y la resiliencia contra la degradación física, especialmente de la erosión. Por lo tanto, el secuestro de carbono contribuirá a restaurar la calidad de los suelos degradados. (GLASOD, Oldeman *et al.*, 1991)

3.8. Convención sobre el cambio climático.

El protocolo de Kyoto indica en el Art. 3.3: Las variaciones netas de las emisiones por las fuentes y la absorción por los sumideros de gases de efecto invernadero que se deban a la actividad humana directamente relacionada con el cambio del uso de la tierra y la silvicultura, limitada a la forestación, reforestación y deforestación desde 1990, calculadas como variaciones verificables del carbono almacenado en cada periodo. Se informará de las

emisiones por las fuentes y la absorción por los sumideros de gases de efecto invernadero que guarden relación con esas actividades de una manera transparente y verificable y se las examinará de conformidad con lo dispuesto en los artículos 7 y 8.

Los ecosistemas forestales contienen más carbono por unidad de superficie que cualquier otro tipo de uso de la tierra y sus suelos que contienen cerca del 40 por ciento del total del carbono son de importancia primaria cuando se considera el manejo de los bosques.

Por lo general, en los bosques naturales el carbono del suelo está en equilibrio, pero tan pronto como ocurre la deforestación o la reforestación, ese equilibrio es afectado. Actualmente, se estima que cada año son deforestadas entre 15 y 17 millones de hectáreas, sobre todo en los trópicos y que muy a menudo parte del carbono orgánico se pierde dando lugar a una considerable emisión de CO₂. Por lo tanto, donde la deforestación no puede ser detenida, es necesario un manejo correcto para minimizar las pérdidas de carbono. La reforestación, sobre todo en los suelos degradados con bajo contenido de materia orgánica, será una forma importante de secuestro de carbono a largo plazo, tanto en la biomasa como en el suelo. (FAO, 1993).

3.9. Tierras de pastoreo: un gran potencial como sumidero de carbono

Las tierras de pastoreo están incluidas en el Artículo 3.4 del protocolo de Kyoto y, como los bosques, juegan un papel importante en el secuestro de carbono. En primer lugar, 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 lo tanto, en un estado relativamente estable (FAO, 1993). El carbono del suelo en las tierras de pastoreo es estimado en 70 t/ha, cifra similar a las cantidades almacenadas en los suelos forestales (Trumbmore *et al.*, 1995; Balesdent y Arrouays, 1999). Debido a la poca confiabilidad de los datos, las estadísticas sobre el uso de la tierra no proporcionan más el área de las tierras de pastoreo.

Muchas áreas de tierras de pastoreo en las zonas tropicales y áridas son mal manejadas y están degradadas; por lo tanto, ofrecen variadas posibilidades de secuestro de carbono.

3.10. Tierras cultivadas: el papel de las prácticas agronómicas

El desarrollo de la agricultura ha implicado una gran pérdida de materia orgánica del suelo. Hay varias formas de las diferentes prácticas de manejo de tierras que pueden ser usadas para aumentar el contenido de la materia orgánica del suelo tales como: el incremento de la productividad y de la biomasa, fertilización e irrigación. El cambio climático global puede tener un efecto similar. Las fuentes de materia orgánica también incluyen residuos orgánicos, compost y cultivos de cobertura.

Las principales formas de obtener un incremento de la materia orgánica en el suelo están asociadas a la agricultura de conservación y comportan la labranza mínima o cero y el uso de una cobertura vegetal continua y protectora formada por materiales vegetales vivos o muertos sobre la superficie del suelo. <http://www.agroandino.com/mailto:info@agroandino.com>.

3.11. Captura de carbono de pastizales y campos de golf por más de 30 años.

El césped '*turfgrass*', encontrado en los campos de golf, jardines y parques públicos, podría tener un beneficio escondido debajo de la superficie del suelo. Científicos del Servicio de Investigación Agrícola de Estados Unidos (ARS) y la Universidad Estatal de Colorado (CSU) han descubierto que el césped '*turfgrass*' podría almacenar el bióxido de carbono (CO₂) en el suelo.

<http://www.agroandino.com/mailto:info@agroandino.com>

Muchos investigadores del ARS han encontrado que terrenos de pastizales y de granja pueden acumular el carbono en el suelo. En este proceso, parte del CO₂ de la atmósfera es capturado por la fotosíntesis y atrapado en el suelo, un proceso que ayuda a mitigar el efecto invernadero. Este estudio es uno de los primeros para medir este proceso, llamado la captura de carbono, en un ambiente urbano. <http://www.agroandino.com/mailto:info@agroandino.com>.

Ron Follet un científico del ARS en la Unidad de Investigación de Suelo, Plantas y Nutrimientos en Fort Collins, Colorado, y Yaling Qian de CSU estudiaron 16 bases de datos sobre el suelo de campos de golf en el área de Denver. Algunos de estos archivos son de hace 45 años. Ellos encontraron que la captura de carbono continúa por hasta 31 años en las calles y 45 años en los '*greens*', después del cual la velocidad de la captura se retarda o no es significativa. Mientras que la captura de carbono existe en las salidas o '*tees*', no era tanto como en las calles y los '*greens*', y los investigadores todavía están buscando las razones de esta diferencia.

Los investigadores también notaron un aumento rápido en la captura de carbono en los primeros 25 a 30 años después que se establece el césped '*turfgrass*'. El estudio reveló que casi una tonelada de carbono por acre (1 acre = 9 600 m²) se almacena cada año en el suelo de las calles y una tonelada de carbono por acre en los '*greens*'.

Los científicos usan modelos de computadora para calcular la velocidad potencial de la captura de carbono en los campos de golf. Ellos también están conduciendo una evaluación más detallada de las muestras de suelo en las calles y en los matorrales irrigados y no irrigados de los campos de golf.

<http://www.agroandino.com/mailto:info@agroandino.com>

3.12. Del calentamiento global

Las emisiones de gas de invernadero resultan de la quema de combustibles fósiles y otras actividades humanas. Estas emisiones amenazan con alterar el equilibrio energético de la Tierra y así elevar la temperatura global. El calentamiento global podría provocar cambios significativos en los patrones climatológicos de la Tierra, alterando los ecosistemas naturales y la estructura de la actividad humana (UNEP, 1992).

Los gases de invernadero ocurren naturalmente en la atmósfera. Absorbiendo la radiación térmica emitida por la superficie de la tierra, tienen un efecto de protección sobre ella: esto se conoce como el efecto invernadero natural.

El vapor de agua es el más importante de los gases de invernadero en términos de la atmósfera, aunque no es directamente afectado por la actividad humana. Aquellos que sí son afectados por la actividad humana incluyen el bióxido de carbono (CO₂), metano, óxido nitroso, los clorofluorocarbonos (CFCs) y ozono. Estos gases absorben más del 90% de la radiación infrarroja que es emitida desde la Tierra. Como resultado, el calor es atrapado en la atmósfera, creando una temperatura superficial promedio de 15°C. Sin estos gases de invernadero, la superficie de la Tierra sería alrededor de 30°C más fría. Recientemente, la concentración de gases de invernadero ha crecido rápidamente, produciendo un *gran* efecto invernadero (UNEP, 1992).

El CO₂ es el más importante gas de invernadero resultante de la actividad humana. Durante los pasados 200 años, la concentración de CO₂ se ha elevado de 280 partes por millón (ppm) a 350 ppm. Este incremento en la cantidad de CO₂ en la atmósfera ha contribuido a aproximadamente el 70% del efecto invernadero producido por la humanidad; el metano al 23% y el óxido nitroso al 7%.

Se estima que seis millones de toneladas de carbón cada año son emitidas a la atmósfera en la forma de CO₂, como resultado de la quema de combustibles fósiles.

Aunque los gases de invernadero son un problema global, no tienen un origen global. Noventa y cinco por ciento de las emisiones industriales de CO₂ son producidas en el hemisferio norte, el cual es dominado por países industriales.

La otra causa mayor en el incremento de la concentración de CO₂ es el cambio de uso de la tierra. La vegetación y la tierra de las áreas forestales retienen de 20 a 100 veces más carbono por unidad de área que los sistemas agrícolas. Cuando los bosques son convertidos a tierras para agricultura o ganadería, gran parte de este carbono se libera hacia la atmósfera. La liberación total de carbono por la deforestación desde 1850 ha sido aproximadamente de 120 billones de toneladas. Actualmente, la pérdida anual de aproximadamente 17 millones de hectáreas de bosque cada año libera cerca de 1.8 billones de toneladas de carbono (cerca de 20% de las emisiones totales).

De la misma manera es posible revertir la pérdida de carbono reforestando la tierra, y así volver a capturar el CO₂ de la atmósfera. Este sistema, conocido como captura de carbono, podría contribuir significativamente a reducir el calentamiento global. (UNEP, 1992).

Cambio climático

Muchos científicos piensan que a mayor concentración de gases con efecto invernadero se producirá mayor aumento en la temperatura en la Tierra. Estudios más recientes sugieren que el calentamiento se produciría más rápidamente sobre tierra firme que sobre los mares. Asimismo el calentamiento se produciría con retraso respecto al incremento en la concentración de los gases con efecto invernadero.

En la actualidad el IPCC predice un calentamiento de 1.0 - 3.5 °C para el año 2100. La temperatura media de la Tierra ha crecido unos 0.6° C en los últimos 130 años.

Dada la enorme complejidad de los factores que afectan al clima es muy difícil saber si este ascenso de temperatura entra dentro de la variabilidad natural (debida a factores naturales) o si es debida al aumento del efecto invernadero provocado por la actividad humana.

El conjunto de evidencias sugiere un cierto grado de influencia humana sobre el clima global" (Romero, 1996).

Consecuencias del cambio climático

Es previsible que los desiertos se hagan más cálidos pero no más húmedos, con graves consecuencias en el Oriente Medio y en África donde el agua es escasa. Entre un tercio y la mitad de todos los glaciares del mundo y gran parte de los casquetes polares se fundirían. Grandes superficies costeras podrían desaparecer inundadas por las aguas que ascenderían de 0,5 a 2 m., según diferentes estimaciones. Unos 118 millones de personas podrían ver inundados los lugares en los que viven por la subida de las aguas (Romero, 1996).

Degradación de la tierra y cambio climático

La deforestación causa pérdidas del almacenamiento de car-bono y aumenta las emisiones netas de carbono. La protección de los bosques, la forestación

y la reforestación pueden también desempeñar funciones muy importantes en la prevención y el control de la degradación de la Tierra.

Se producen aparentemente perturbaciones del equilibrio de energía de la atmósfera como resultado de cambios en el albedo, los niveles de humedad del suelo, la irregularidad de las superficies y la composición de la atmósfera. Estos fenómenos son resultado de la degradación de la tierra y pueden llevar al calentamiento o el enfriamiento de algunas zonas o regiones locales.

Se sabe que las sequías frecuentes y prolongadas aumentan las temperaturas locales y regionales en las tierras áridas. A medida que avanza la investigación científica, se harán más claros los vínculos entre el cambio climático y la degradación de las tierras áridas (WOODS, 1998).

3.13. La captura de carbono

El concepto de captura de carbono normalmente se relaciona a la idea de almacenar reservas de carbono en suelos, bosques y otros tipos de vegetación, donde dichas reservas están en peligro inminente de ser perdidas. También se promueve el incremento de las reservas de carbono por el establecimiento de nuevas plantaciones forestales, sistemas agroforestales y la rehabilitación de bosques degradados. Conservación, reforestación y un manejo optimizado de la administración de bosques son los principales métodos mediante los cuales el carbono atmosférico puede ser capturado. En teoría, el efecto de la captura por procesos de forestación puede ser

cuantificado estimando el almacenamiento de carbono en la biomasa de la tierra y los productos de madera (UNEP, 1992).

Mitigación de la emisión de gases de invernadero por medio de la Forestación
Los bosques juegan un papel muy importante en el ciclo global del carbono. Hoy en día, la deforestación es responsable de aproximadamente 1.8 GtC ó 20% de las emisiones anuales de bióxido de carbono producidas por la humanidad. Sin embargo, se estima que la reforestación podría capturar de 50 a 100 GtC de carbono en la próxima mitad del siglo.

Los conceptos de la captura de carbono y las incertidumbres respecto a las medidas del efecto de la mitigación de los programas específicos, están en discusión. Muchos de los obstáculos para explotar el potencial de captura por forestación son institucionales, económicos y políticos. Una regulación del mercado internacional para la captura de carbono es necesaria para mantener estándares aceptables en proyectos de forestación implementados para este fin (UNEP, 1992).

Algunas plantas han desarrollado un ciclo previo, donde la fijación del anhídrido carbónico comienza en el fosfoenolpiruvato (PEP), molécula de tres a 3-C, que se convierte en oxalacético de cuatro carbonos. El oxálico es convertido en ácido málico (también de cuatro carbonos). Todo esto ocurre en las células del parénquima clorofiliano del mesófilo y luego el ácido málico pasa a las células de la vaina fascicular donde se desdobla nuevamente en PEP y anhídrido carbónico, que entra en el ciclo de Calvin, mientras que el

PEP vuelve a las células del mesófilo. La glucosa formada puede ser transportada rápidamente al resto de la planta.

La captura del anhídrido carbónico por el PEP es mediada por la enzima PEP carboxilasa, que tiene mayor afinidad por el anhídrido carbónico que la RuBP carboxilasa. Cuando los niveles de anhídrido carbónico bajan, la RuBP carboxilasa usa oxígeno en vez de anhídrido carbónico, y el resultado es ácido glicólico. Este producto se metaboliza en los peroxisomas (en presencia de luz y oxígeno) y este proceso se conoce como fotorrespiración. No produce ATP ni NADPH, es a todas vista un desmantelamiento del ciclo de Calvin lo cual reduce la eficiencia de la captura de anhídrido carbónico.

Las plantas que usan la vía de 4 carbonos, a menudo crecen muy juntas, y deben ajustarse a la disminución de anhídrido carbónico que este hecho implica. Lo hacen aumentando la concentración de anhídrido carbónico en ciertas células para prevenir la fotorrespiración.

Las plantas que usan la vía de los cuatro carbonos (por ejemplo caña de azúcar y maíz) evolucionaron en los trópicos y están adaptadas a mayores temperaturas. Note que el oxalacetato y el málico tienen funciones en otros procesos, por lo tanto están presentes en todas las plantas, permitiendo a los científicos hipotizar que la vía de los cuatro carbonos evolucionó independientemente muchas veces, en un mecanismo denominado evolución convergente (Colchester, 2001).

Carbono Secuestrado

Es el carbono que está fijado en forma continua en cualquier sistema de uso de la tierra como consecuencia de alguna sobre áreas degradadas o en proceso de degradación. Estas intervenciones pueden ser programas de manejo de suelos con reforestación, agroforestería o conservación de suelos. Generalmente para hacer el estimado de estos flujos de carbono por hectárea y año (tn/ha/año) se seleccionan diferentes sistemas de uso de la tierra cuyos antecedentes (tiempo de uso principalmente) son conocidos por los agricultores que van desde el bosque primario, áreas quemadas para cultivos anuales o plantaciones perennes, bosques secundarios de diferentes edades, pasturas y sistemas agroforestales barbechos mejorados, silvo pastoriles, etc. así en todos estos sistemas se determina el carbono almacenado que se describió anteriormente (**Multimedios, 2001**).

Secuestro de carbono: Debate Mundial

Si bien los científicos todavía no tienen la certeza de si los bosques y las plantaciones actúan o no como depósitos o sumideros de carbono a largo plazo, los políticos ya están discutiendo si los bosques deben o no ser considerados mercaderías en el comercio mundial de carbono. Algunos países como los Estados Unidos, a los que les resulta difícil reducir sus emisiones, ven con entusiasmo la idea de pagar a compañías o países en el Sur para que "creen" sumideros de carbono, de forma que las economías no sustentables del Norte puedan seguir contaminando. Y algunas personas en el Sur están deseosas de hacerse del dinero y no hacer preguntas difíciles.

Existen ciertos riesgos y también algunas posibles ventajas para los pueblos que habitan los bosques en caso de que éstos fuesen incorporados al mercado mundial del carbono.

De la misma forma, los lucrativos negocios entre los emisores de carbono y los depositarios de carbono promoverán incentivos potentes a las grandes empresas para apropiarse de las tierras comunitarias para establecer allí plantaciones. Por otra parte, es posible darse cuenta de que el valor de los bosques en pie como depósitos de carbono podría hacer fluir fondos con los que pagar a los conservacionistas y a los pueblos de los bosques para que cuiden y protejan los bosques evitando su destrucción.

Incluir los sumideros en el MDL constituiría una estrategia de expropiación de nuestras tierras y territorios a nivel mundial y violaría nuestros derechos fundamentales, culminando en una nueva forma de colonialismo. Incluir los sumideros en el MDL no ayudaría a reducir las emisiones de gases de efecto invernadero, y por el contrario significaría brindarles a los países industrializados un argumento para evitar reducir las emisiones en la fuente." Pero otros pueblos de los bosques han expresado una opinión diferente. Tal es el caso particular de pueblos de Brasil, que han trabajado con la ONG estadounidense Environmental Defense, propulsora del comercio del carbono. El MDL no debe excluir a los bosques y no debe excluir a nuestros pueblos. Los encuentros demostraron la necesidad de profundizar la discusión sobre las consecuencias del MDL para los pueblos de los bosques (Multimedios, 2001).

Retención y almacenamiento de carbono

Las investigaciones recientes revelan que las tierras áridas pueden desempeñar una función importante en el almacenamiento y la fijación de carbono y que el control de su pérdida podría ayudar a mitigar el calentamiento mundial. Sin embargo, los conocimientos científicos sobre la magnitud de los ciclos de carbono en el suelo y el consenso de los expertos sobre su importancia están aún en una etapa formativa.

El proyecto del FMAM de ordenación de las sabanas arboladas y plantación de árboles para la retención de carbono en el ámbito de los poblados de Benin se basa en la acción comunitaria para mejorar la gestión de la energía rural y aumentar la cubierta leñosa y el almacenamiento de carbono.

Las actividades financiadas por el FMAM en la interfaz entre la retención y el almacenamiento de carbono y la prevención y lucha contra la degradación de la tierra, teniendo en cuenta las actividades de asistencia para el desarrollo, podrían incluir el apoyo, en forma experimental, de programas nacionales y regionales encaminados a la regeneración ecológica y la prevención de la degradación de pastizales y bosques, con grandes posibilidades de aumento de la biomasa en sistemas de utilización de alimentos, fibras, madera y biomasa como combustible. Esto se haría teniendo presente la contribución a largo plazo de los pastizales y los bosques al almacenamiento de carbono, a la prevención de la pérdida de suelos y al control de la contaminación con sedimentos de las aguas internacionales (**Woods, 1998**).

Carbono almacenado

El concepto de carbono almacenado, se relaciona a la capacidad del bosque de mantener una cierta cantidad de biomasa por hectárea, la cual está en función a su heterogeneidad afectado por las condiciones del suelo y clima.

Los árboles tienen la capacidad de almacenar el dióxido de carbono de la atmósfera basado en el hecho de que la fotosíntesis absorbe el dióxido de carbono, que luego utilizan para generar el alimento necesario para su crecimiento, estimándose que una hectárea de plantación arbórea puede absorber alrededor de 10 t de carbono de la atmósfera, dependiendo de las condiciones del lugar.

Se asume que el 45% de la biomasa vegetal total es carbono. Por lo tanto en los bosques existe acumulación de carbono que no es liberado a la atmósfera. En ecosistemas de bosques tropicales la biomasa seca puede variar entre 150 y 382 t/Ha, por lo tanto la capacidad máxima de carbono almacenado varía entre 67.5 a 171 t/Ha.

3.14. Protección de las plantas contra el sol

El proceso fotosintético es más eficiente con niveles promedio de luz solar. A pleno sol, especialmente a mediodía, las plantas absorben mucha más energía de la que pueden usar. Si no encuentra una forma de dispersar la energía de una manera segura la clorofila pasa a un estado hiperexcitado, desde el cual su energía puede transferirse al oxígeno dando como resultado "oxígeno singulet", un potente oxidante, que puede causar daño

indiscriminado a la planta e inclusive su muerte. Entre los mecanismos antioxidantes para protección de las plantas se encuentran: los carotenoides que son capaces de detoxificar a la planta del "oxígeno singulet" capturando su energía y disipándola en forma de calor. atenuación no fotoquímica de la energía solar, proceso en el cual interviene una proteína que se encuentra asociada al fotosistema II conocida por las siglas PsbS (Colchester, 2001).

3.15. El ciclo del carbono

Las plantas incorporan el anhídrido carbónico de la atmósfera y de los océanos al transformarlo en compuestos orgánicos, convirtiendo la energía de la luz en enlaces C-C. Las Plantas también producen anhídrido carbónico por su respiración. Los animales producen anhídrido carbónico derivado de la utilización de los hidratos de carbono y otros productos producidos por las plantas.

En el balance entre el consumo de anhídrido carbónico que realizan las plantas y la producción del mismo por los animales interviene como "buffer" la formación de carbonatos en los océanos, que remueve el exceso de anhídrido carbónico del aire y del agua (ambos intervienen en el equilibrio del anhídrido carbónico).

Los combustibles fósiles, como el petróleo y el carbón, como así también la madera generan anhídrido carbónico al ser utilizados. La actividad humana incrementa en grandes proporciones la concentración de anhídrido carbónico en el aire. Dado que este, a diferencia de otros compuestos de la atmósfera

absorbe el calor reflejado desde la Tierra, incrementa la temperatura global y produce lo que ha dado llamarse "efecto invernadero" (**Woods, 1998**).

3.16. Aumento de la concentración de gases con efecto invernadero

En el último siglo la concentración de anhídrido carbónico y otros gases invernadero en la atmósfera ha ido creciendo constantemente debido a la actividad humana: A comienzos de siglo por la quema de grandes masas de vegetación para ampliar las tierras de cultivo. En los últimos decenios, por el uso masivo de combustibles fósiles como el petróleo, carbón y gas natural, para obtener energía y por los procesos industriales.

La concentración media de dióxido de carbono se ha incrementado desde unas 275 ppm antes de la revolución industrial, a 315 ppm cuando se empezaron a usar las primeras estaciones de medida exactas en 1958, hasta 361 ppm en 1996. Los niveles de metano se han doblado en los últimos 100 años. En 1800 la concentración era de aproximadamente 0.8 ppmv y en 1992 era de 17. ppmv

La cantidad de óxido de dinitrógeno se incrementa en un 0.25% anual. En la época preindustrial sus niveles serían de alrededor de 0.275 ppmv y alcanzaron los 0.310 ppmv en 1992 (**Woods 1998**).

IV. MATERIALES Y MÉTODOS

4.1. Ubicación del campo experimental

El trabajo de investigación se desarrolló en el sector Bosalao, Distrito de Cuñumbuque, Provincia de Lamas, Departamento de San Martín, predio del señor Pascual Trigoso Marina, aproximadamente a 19 Km de la ciudad de Tarapoto.

Ubicación Geográfica

Longitud Oeste	:	76° 5'
Longitud Sur	:	6° 35'
Altitud	:	232 m. s. n. m. m.

Ubicación Política

Sector	:	Bosalao
Distrito	:	Cuñumbuque
Provincia	:	Lamas
Departamento	:	San Martín

4.2. Características climáticas

La zona presenta un clima semi seco y cálido, presentando una precipitación promedio anual que varía entre 1 000 y 1 400 mm, con una temperatura media anual de 25 a 28°C. (ONERN, 1984).

Cuadro 3: Datos meteorológicos de Octubre del 2002 hasta Julio del 2003.

Meses	Temperatura °C			H. R. %	pp. Mm
	Máxima	Media	Mínima		
Octubre	34.50	27.70	21.50	75.00	90.50
Noviembre	33.20	27.10	21.70	77.00	82.80
Diciembre	34.20	28.20	21.90	76.00	90.70
Enero	34.00	22.20	28.00	73.00	141.00
Febrero	33.90	22.60	27.40	74.00	48.80
Marzo	32.70	21.90	26.40	74.00	152.10
Abril	30.07	26.33	22.32	81.00	178.60
Mayo	29.79	26.13	21.76	75.00	98.80
Junio	30.18	26.15	20.55	77.00	132.00
Julio	27.03	26.06	21.16	78.00	166.97
Total	319.57	254.37	232.69	760.00	1182.27
Promedio	31.96	25.44	23.27	76.00	118.23

Fuente: SENAMHI.

4.3. Historia del campo experimental

El lugar en donde se instaló el experimento, era un bosque primario. En la década de los 80' se deforestó para ser utilizado como terreno para la producción de maíz. Actualmente son pastizales de diferentes especies, el cual es fuente de alimento para el ganado vacuno que cría el productor.

4.4. Diseño y característica del experimento

4.4.1. Diseño experimental

En el presente proyecto se utilizó el diseño de Bloques Completamente al Azar (DBCA), con 5 tratamientos y 4 repeticiones.

Cuadro 4: Tratamientos en estudio

Tratamientos	Nombre científico	Nombre vulgar
1	<i>Saccharum sinensis</i>	King grass
2	<i>Brachiaria decumbes</i>	Braquiara común
3	<i>Brachiaria brizantha</i>	Marandú
4	<i>Pennisetum purpureun</i>	Pasto elefante
5	<i>Zea mays</i>	Maíz (Testigo)

4.4.2. Modelos matemáticos

Alegre (2002), considera:

a. Cálculo del contenido de carbono en la biomasa vegetal

$$CC = B \times 0.45$$

Donde:

CC = Contenido de Carbono

B = Biomasa vegetal

0.45 = Constante (Proporción de carbono asumido x convección).

b. Carbono en hojarasca

Se peso la hojarasca acumulada en un área de 0.25 m², para tomar después una sub muestra (500 g). para luego obtener el peso seco constante a 105 °C en la estufa.

- Cálculo de carbono en la hojarasca

$$CC = B \times 0.45$$

Donde:

CC = Contenido de Carbono

B = Biomasa vegetal

0.45 = Constante (Proporción de carbono asumido x convección).

c. Carbono en el suelo.

Se tomó muestras de suelo sin perturbar, hasta una profundidad de 5 cm. Para determinar la densidad aparente y el contenido de carbono sobre la base del contenido de materia orgánica determinado en el laboratorio, por el método de Walkley y Black.

Procedimiento:

- En un Matraz de Erlenmeyer de 250 ml se puso 1.0 g de suelo ó 1 ml de suelo.
- Se adicionó 10 ml de $K_2Cr_2O_7$.
- Luego se adicionó 10 ml de H_2SO_4 y se manejó con cuidado.
- Se mezcló para homogenizar la solución. Durante esta reacción se produjo generación de calor.
- Luego se dejó la reacción por 1 hora o más
- Así mismo se adicionó aproximadamente 30 ml de agua destilada.
- Luego se añadió 5 ml de H_3PO_4 0.5 ml del indicador difenil amina sulfúrica ó 3 a 4 gotas de ferroin.
- Se tituló en forma lenta hasta cambio de color. En el cambio, se detuvo la titulación.

Nota: Se llevó un indicador (por titulación) para conocer la normalidad de $FeSO_4$.

Cálculos:

$$\% \text{ de C en el suelo} = \frac{N \times (V_1 V_2) \times 0.39}{\text{peso de suelo en g}}$$

donde:

N = normalidad del $FeSO_4$

0.39 = $3 \times 10^{-3} \times 100 \times 1.3$

3×10^{-3} = peso equivalente del carbono

1.3 = factor de asunción de 77 % de recuperación.

V_1 = volumen de $FeSO_4$ requerido para el blanco

V_2 = volumen de FeSO_4 requerido por la muestra
% de m.o = % de C x 1.724

FUENTE : UNA "La Molina (1996).

d. Cálculo del Carbono Total

$C_t = C_B + C_N + C_S$ donde:

C_B : Carbono Biomasa

C_H : Carbono hojarasca

C_N : Carbono necromasa en el suelo a 5 cm.

Alegre (2002).

4.4.3. Características del campo experimental.

a. Campo experimental

Largo : 5 m.
Ancho : 5 m.
Área Total : 25 m²
Nº Tratamientos : 5
Nº Parcelas : 20

b. Bloques o repeticiones

Largo : 5 m.
Ancho : 1 m.
Área de Bloque : 5 m²
Nº de Bloques : 4



c. Parcelas

Ancho	:	1 m.
Largo	:	1 m.
Área total	:	1 m ²

d. Área Neta a Evaluar

Biomasa aérea		Biomasa de hojarasca	
* Ancho	: 1.00 m.	* Ancho	= 0.50 m.
* Largo	: 1.00 m	* Largo	= 0.50 m.
* Área Neta	: 1.00 m ²	* Área Total	= 0.25 m ² .

4.4.4. Conducción del experimento

a. Análisis de suelo

Para el análisis de suelo se tomaron muestras al azar, a una profundidad de 20 cm, luego se homogenizaron y se enviaron muestras al laboratorio para su análisis respectivo y cuyos resultados fueron los siguientes:

Cuadro 6: Análisis Físico químico del suelo experimental a una profundidad de 20 cm.

Muestra	Resultados	Interpret.	Método
Textura			
Arena	23.6 %	Frc.	
Arcilla	46.4 %	Arcilloso	
Limo	30.0 %		
Densidad Aparente	1.0 g/cc		
Conductividad Eléctrica	0.7 mmhos/cm		Conductímetro
pH	7.98	Medio	
Materia Orgánica	3.33%	Neutro	Potenciómetro
Fósforo disponible	17 ppm	Medio	Walkley Black Mod
Potasio Inter.	0.75 meq	Medio	Ac. Ascórbico
Calcio + Magnesio	29.5 meq/l	Medio	Tetra Borato
Nitrógeno	0.1332 %	Alto	Titulación EDTA

Fuente: Laboratorio de suelo de la UNSM - T

4.5. Evaluaciones registradas

a. Carbono en la biomasa aérea

Se cortó toda la biomasa aérea de las diferentes variedades de pastos.

Del peso fresco total, se obtuvo el peso fresco de una sub muestra,

para luego obtener el peso seco constante a 105 °C en la estufa.

b. Carbono en la hojarasca

Se pesó la hojarasca acumulada en un área de 0.25 m², para tomar

después una sub muestra (500 g) y luego obtener el peso seco constante a

105 °C en la estufa.

c. Carbono en el suelo

Se tomó muestras de suelos a una profundidad de 5 cm, para determinar

la densidad aparente y el contenido de carbono sobre la base del

contenido de materia orgánica determinado en el laboratorio, por el

método de Walkley y Black.

V. RESULTADOS

5.1. Carbono acumulado en la biomasa aérea

Cuadro 7: Análisis de varianza para carbono acumulado en la biomasa aérea en Kg.ha⁻¹.

F. de V.	G. L.	S. C.	C. M.	F. C.	Signif.
Bloques	3	1450262.80	483420.93	0.44	N. S.
Tratamientos	4	308898956.20	77224739.05	70.43	**
Error	12	13158266.20	1096522.18		
TOTAL	19	323507485.20			

N. S.: No significativo

** : Altamente Significativo

R²: 95.93 %

C. V.: 16.39 %

Sx: 1047.15

x: 6386.80

Cuadro 8: Prueba de Duncan para carbono acumulado en la biomasa aérea en Kg.ha⁻¹

Trat.	Descripción	Carbono Kg.ha ⁻¹	Duncan (0,05)
4	<i>Pennisetum purpureun</i> (10 años)	11865.30	a
1	<i>Saccharum sinensis</i> (3 años)	10258.30	a
5	<i>Zea mays</i> (campana)	4694.30	b
3	<i>B. brizantha</i> (5 años)	2701.30	c
2	<i>B. decumbes</i> (15 años)	2415.00	c

5.2. Carbono acumulado en hojarasca

Cuadro 9: Análisis de varianza para carbono acumulado en hojarasca del suelo en Kg.ha⁻¹

F. de V.	G. L.	S. C.	C. M.	F. C.	Signif.
Bloques	3	5005783.88	1668594.63	0.78	N. S.
Tratamientos	4	704664752.79	176166188.20	82.64	**
Error	12	25581958.73	2131829.89		
TOTAL	19	735252495.40			

N. S.: No significativo

** : Altamente Significativo

R²: 96.52 %

C. V.: 16.00 %

Sx: 1460.06

x: 9122.57

Cuadro 10: Prueba de Duncan para carbono acumulado en hojarasca del suelo en Kg.ha⁻¹.

Trat.	Descripción	Carbono Kg.ha ⁻¹	Duncan (0,05)
2	<i>B. decumbes</i> (15 años)	16469.00	a
3	<i>B. brizantha</i> (5 años)	12845.00	b
4	<i>Pennisetum purpureun</i> (10 años)	11596.00	b
1	<i>Saccharum sinensis</i> (3 años)	4646.00	c
5	<i>Zea mays</i> (campaña)	57.00	d

5.3. Carbono acumulado en el suelo

Cuadro 11: Análisis de varianza para carbono acumulado en el suelo propiamente dicha en Kg. ha⁻¹.

F. de V.	G L.	S. C.	C. M.	F. C.	Signif.
Bloques	3	524284.11	174761.37	0.99	N. S.
Tratamientos	4	833189697.00	208297424.25	1180.51	**
Error	12	2117371.45	176447362		
TOTAL	19	835831352.57			

N. S.: No significativo

** : Altamente Significativo

R² = 99.74 %

C. V = 4.77 %

Sx: 420.05

x = 8799.97

Cuadro 12: Duncan para carbono acumulado en los 5 cm. Superiores del suelo en Kg.ha⁻¹

Trat.	Descripción	Carbono Kg.ha ⁻¹	Duncan (0,05)
2	<i>B. decumbes</i> (15 años)	19890.00	a
3	<i>B. brizantha</i> (5 años)	9983.00	b
4	<i>Pennisetum purpureun</i> (10 años)	8113.00	c
1	<i>Saccharum sinensis</i> (3 años)	5863.30	d
5	<i>Zea mays</i> (campana)	150.00	e

Grafica 1: Carbono total acumulado por tratamiento

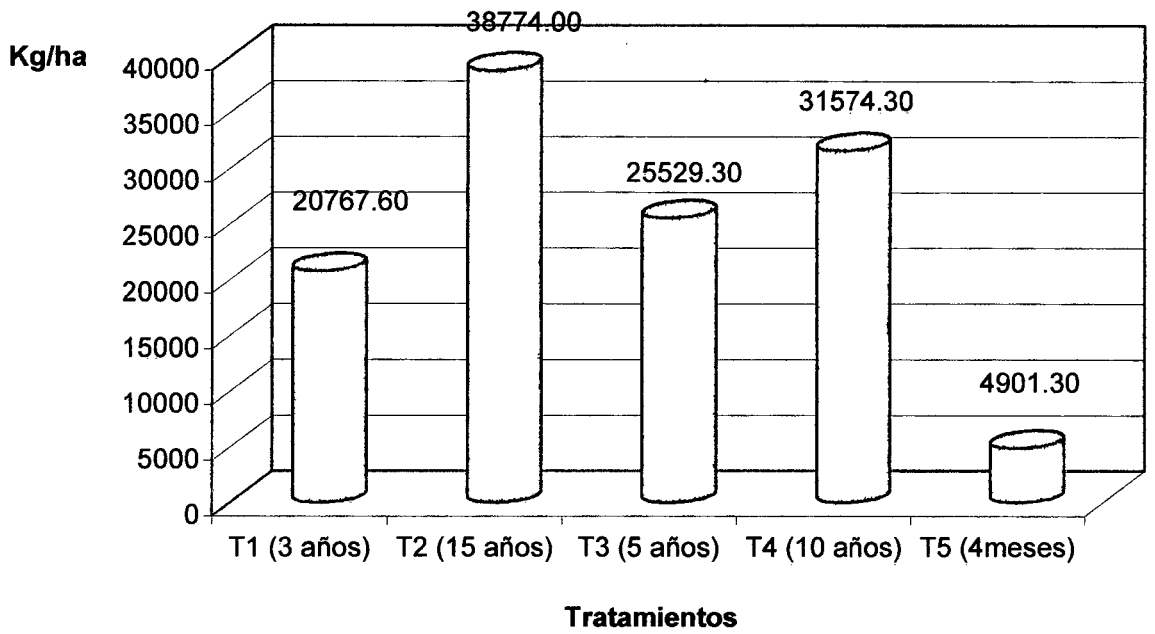
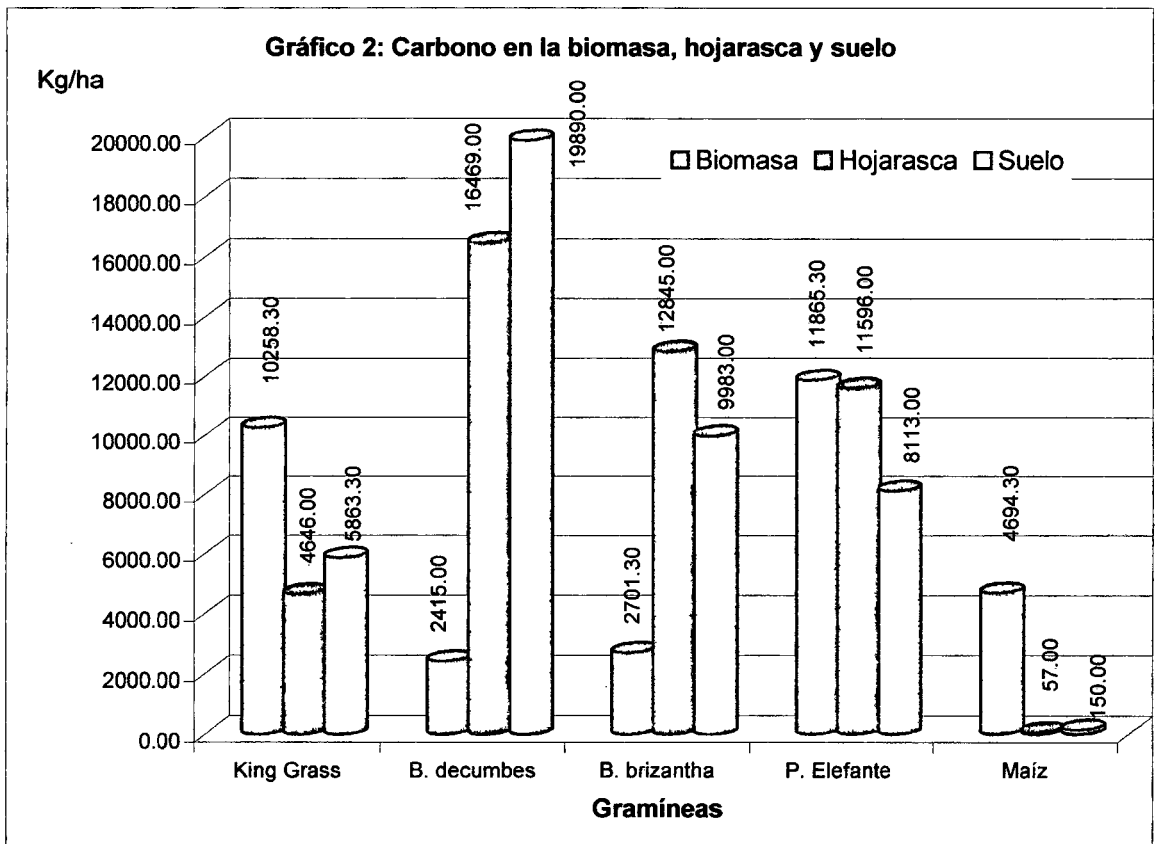


Gráfico 2: Carbono en la biomasa, hojarasca y suelo



VI. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

6.1. Carbono acumulado en la biomasa aérea en Kg.ha⁻¹

El cuadro 7 y 8 de resultados se presentan el análisis de varianza y la prueba de Duncan respectivamente para los promedios de los tratamientos evaluados respecto al carbono acumulado en la biomasa aérea expresado en Kg.ha⁻¹.

La alta significancia estadística de la prueba de "F" en el análisis de varianza entre tratamientos (cuadro 7), se corrobora con la significancia estadística en la prueba de Duncan (cuadro 8).

Los valores obtenidos para C. V. con 16.39 % y R² con 95.93 % corroboran la confiabilidad de la información obtenida y la alta determinación entre la variable evaluada y los tratamientos en estudio.

La prueba de Duncan (cuadro 7) define el nivel de la diferencia estadística entre los tratamientos, donde el T₄ (Pasto elefante) arrojó el mayor promedio con 11 865.30 Kg.ha⁻¹ de carbono en biomasa aérea; pero no superó al T₁ (King grass) con 10 258.30 Kg.ha⁻¹, superando estadísticamente a los demás tratamientos, el T₅ (Maíz), T₃ (*B. brizantha*), y T₂ (*B. decumbes*) con 4 694.30 Kg.ha⁻¹, 2 701 Kg. ha⁻¹ y 2 415 Kg.ha⁻¹ respectivamente.

Indudablemente esta mayor acumulación de carbono obtenido por el Pasto Elefante y el King Grass, se debe a que estas plantas tienen una mayor conformación morfológica por m², comparativamente con los demás cultivos

en estudio, toda vez que ellas tiene promedios de 3.50 m y 2.50 m respectivamente y macollan muy bien, mientras que el maíz tiene una altura promedio de 2.00 m aproximadamente sin macollamiento y la *Brachiaria brizantha*, *Brachiaria decumbes*, con macollamiento, pero con alturas promedios de 1.50 m y 1.00 m respectivamente.

6.2. Del Carbono acumulado en la hojarasca expresada en Kg.ha⁻¹

El cuadro 9 y 10 de resultados se presentan el análisis de varianza y la prueba de Duncan respectivamente para los promedios de los tratamientos evaluados respecto al carbono acumulado en la hojarasca expresado en Kg.ha⁻¹.

La alta significancia estadística de la prueba de "F" en el análisis de varianza (cuadro 9), se corrobora con la significancia estadística entre tratamientos en la prueba de Duncan (cuadro 10).

Los valores obtenidos para C. V. con 16.00 % y R² con 96.52 % corroboran la confiabilidad de la información obtenida y la alta determinación entre la variable evaluada y los tratamientos en estudio.

La prueba de Duncan (cuadro 10) define el nivel de la diferencia estadística entre los tratamientos, donde el T₂ (*B. decumbes*) arrojó el mayor promedio con 16 469.00 Kg.ha⁻¹ de carbono en la hojarasca, superando a los demás tratamientos, seguido por los tratamientos T₃ (*B. brizantha*), T₄ (Pasto Elefante) con 12 845.00 Kg.ha⁻¹, 11 596.00 Kg.ha⁻¹, respectivamente y los cuales a su vez no difieren estadísticamente entre si. Estos seguidos por T₁

(King grass) con 4 646.00 Kg/ha y obteniendo el menor promedio de acumulación de carbono con 57.00 Kg/ha el cultivo de maíz.

6.3. Del Carbono acumulado en el suelo en Kg. ha⁻¹.

El cuadro 11 y 12 de resultados se presentan el análisis de varianza y la prueba de Duncan respectivamente para los promedios de los tratamientos evaluados respecto al carbono acumulado en el suelo (5 cm) expresado en Kg.ha⁻¹.

La alta significancia estadística de la prueba de "F" en el análisis de varianza (cuadro 11), se corrobora con la significancia estadística entre tratamientos en la prueba de Duncan (cuadro 8).

Los valores obtenidos para C. V. con 4.77 % y R² con 99.74 % corroboran la confiabilidad de la información obtenida y la alta determinación entre la variable evaluada y los tratamientos en estudio.

La prueba de Duncan (cuadro 12) define el nivel de la diferencia estadística entre los tratamientos, donde el T₂ (*Brachiaria decumbes*) arrojó el mayor promedio con 19890 Kg.ha⁻¹ de carbono en 5 cm superiores del suelo, superando estadísticamente a los demás tratamientos, seguido por los tratamientos T₃ (*Brachiaria brizantha*), T₄ (Pasto elefante), T₁ (King Grass) y T₅ (maíz) con 9983 Kg.ha⁻¹, 8113 Kg. ha⁻¹, 5863.3 Kg.ha⁻¹ y 150 Kg. ha⁻¹ respectivamente.

La mayor cantidad de carbono acumulado en suelo de *Brachiaria decumbes* puede deberse, a la ubicación topográfica de la parcela, a la acumulación de

materia orgánica y concentración de carbono en las hojas al momento de desprenderse del tallo hacia el suelo comparativamente con las demás especies, que se encontraban en pendientes, por lo que el labaje de la materia orgánica era constantemente.

Sin duda alguna, la presencia de materia orgánica está directamente relacionada con la descomposición de la cantidad de hojarasca en el suelo y a que el agricultor no quema sus parcelas como practica de control de plagas y enfermedades. Por ello queda demostrado que el tratamiento dos (*B. decumbes*), obtuvo mayor resultado en la cantidad de carbono en hojarasca así mismo mayor cantidad de carbono en el suelo.

6.4. Carbono acumulado en el suelo, en la hojarasca y en la biomasa aérea expresado en Kg. ha⁻¹.

En el gráfico 01 de resultados se presentan los promedios obtenidos por tratamientos para el C en el suelo, C en la hojarasca y C en la Biomasa aérea expresado en Kg. ha⁻¹.

Como se puede observar la *B. decumbes* obtuvo mayor cantidad de carbono acumulado, seguido por el Pasto Elefante, *B. brizantha*, king Grass, y por último el maíz; esto ratifica que los años establecidos de estos pastos tuvieron mucha influencia en los resultados, *B. decumbes* 15 años, seguido por Pasto Elefante que tiene 10 años, *B. brizantha* 5 años, King Gras 3 años, y por último el maíz con un tiempo de evaluación de 4 meses.

VII. CONCLUSIONES

- 7.1. La mayor acumulación de carbono en la biomasa aérea se obtuvo con Pasto elefante con un total de 11 865.30 Kg/ha, la mayor acumulación de carbono en la hojarasca del suelo se obtuvo con *Brachiaria decumbes* con un total de 16 469.00 Kg/ha y *Brachiaria decumbes* fue la gramínea que presentó la mayor acumulación de carbono en el suelo propiamente dicha, con un total de 19 890.00 Kg/ha.
- 7.2. La mayor acumulación de carbono total se presentó en *Brachiaria decumbes* con un total acumulado en suelo, hojarasca y biomasa aérea de 38 774.00 Kg/ha.
- 7.3. Tomando como base el tiempo de instalación de *Brachiaria decumbes* (15 años) con un contenido de 38774 kg.ha⁻¹ (100%) existe una relación proporcional de acumulación de C acumulado en los 5 cm superiores del suelo en relación al tiempo de instalación de los tratamientos (variedades de pastos) siempre y cuando estos no se quemen, con valores que van desde 81.43 %, 65.84%, 53.56% y 12.64% para el pasto elefante, *Brachiaria brizantha*, King grass y el maíz respectivamente.
- 7.4. El cultivo de Maíz (testigo) fue el tratamiento que obtuvo la menor cantidad de carbono acumulado (suelo, hojarasca y biomasa aérea), con un total acumulado de 4 901.30 Kg/ha.

VIII. RECOMENDACIONES

- 8.1.** Realizar otros trabajos de investigación sobre la acumulación de carbono en pastos, analizando por etapas fenológicas.
- 8.2.** Efectuar otros estudios similares en condiciones edafoclimáticas diferentes de las especies de pastos existentes en la región San Martín.
- 8.3.** Realizar investigación con las misma especies de pastos, establecidos o instalados con edades, área, suelo, cuyas características sean similares para cada un a de ellas, para determinar cual de estos acumulan mayor cantidad de carbono.
- 8.4.** No se debe practicar la quema de los pastos, para evitar liberación de carbono al medio ambiente.
- 8.5.** Mantener las hojarasca de los cultivos de pastos para su descomposición, y así permitir el mejoramiento del suelo.

IX. RESUMEN

El presente trabajo lleva como título "Estimación de captura de Carbono en cuatro especies de pastos: *Brachiaria brizantha*, *Brachiaria decumbes*, *Pennisetum purpureun* y *Saccharum sinensis* en Cuñumbuque – San Martín", los objetivos fueron Cuantificar las reservas de Carbono de la biomasa aérea, en la hojarasca y en el suelo en cuatro especies de pastos: *Brachiaria brizantha*, *Brachiaria decumbes*, *Pennisetum purpureun* y *Saccharum sinensis*, en el Distrito de Cuñumbuque, Provincia de Lamas, Departamento de San Martín y Establecer las relaciones fisiológicas pertinentes entre los tratamientos evaluados en relación a un testigo (maíz) en el Distrito de Cuñumbuque, Provincia de Lamas, Departamento de San Martín. Así mismo se utilizó el Diseño de Bloques Completamente al azar con 5 tratamientos y 4 repeticiones. Los tratamientos fueron: T₁ *Saccharum sinensis*, T₂ *Brachiaria decumbes*, T₃ *Brachiaria brizantha*, T₄ *Pennisetum purpureun* y T₅ *Zea mays*. Los resultados arrojaron que la mayor acumulación de carbono en la biomasa aérea se obtuvo con *Pennisetum purpureun* con un total de 11 865.30 Kg/ha. La mayor acumulación de carbono en la hojarasca del suelo se obtuvo con *Brachiaria decumbes* con un total de 16 469.00 Kg/ha. Así mismo *Brachiaria decumbes* fue la gramínea que presentó la mayor acumulación de carbono en el suelo propiamente dicha, con un total de 19 890.00 Kg/ha. Y por último la mayor acumulación de carbono total se presentó en *Brachiaria decumbes* con un total acumulado en suelo, hojarasca y biomasa aérea de 38 774.00 Kg/ha. El cultivo de Maíz (testigo) fue el tratamiento que obtuvo la menor cantidad de carbono acumulado (suelo, hojarasca y biomasa aérea), con un total acumulado de 4 901.30 Kg/ha.

X. SUMMARY

The present work takes as title "Estimate of capture of Carbon in four species of grasses: *Brachiaria brizantha*, *Brachiaria decumbes*, *Pennisetum purpureun* and *Saccharum sinensis* in Cuñumbuque - San Martin", the objectives were to Quantify the reservations of Carbon of the air biomass, in the trash and in the floor in four species of grasses: *Brachiaria brizantha*, *Brachiaria decumbes*, *Pennisetum purpureun* and *Saccharum sinensis*, in the District of Cuñumbuque, County of you Lick, Department of San Martin and to Establish the pertinent physiologic relationships among the treatments evaluated in relation to a witness (corn) in the District of Cuñumbuque, County of you Lick, Department of San Martin. Likewise the Design of Blocks was used Totally at random with 5 treatments and 4 repetitions. The treatments were: T₁ *Saccharum sinensis*, T₂ *Brachiaria decumbes*, T₃ *Brachiaria brizantha*, T₄ *Pennisetum purpureun* and T₅ *Zea mays*. The results hurtled that the biggest accumulation of carbon in the air biomass you obtain with *Pennisetum purpureun* with a total of 11 865.30 Kg/ha. The biggest accumulation of carbon in the trash of the floor was obtained with *Brachiaria decumbes* with a total of 16 469.00 Kg/ha. likewise *Brachiaria decumbes* was the gramineous one that presented the biggest accumulation of carbon in the properly this floor, with a total of 19 890.00 Kg/ha. AND lastly the biggest accumulation of total carbon was presented in *Brachiaria decumbes* with a total accumulated in floor, trash and air biomass of 38 774.00 Kg/ha. The cultivation of Corn (witness) the treatment that she obtained the smallest quantity in accumulated carbon was (I am accustomed to, trash and air biomass), with an accumulated total of 4 901.30 Kg/ha.

XI. BIBLIOGRAFÍA

1. ALEGRE, J., RICSE A, ARÉVALO, BARBARÁN J., PALM C. 2000. Determinación de las reservas totales de carbono en los diferentes sistemas de uso de la tierra en Ucayali -- Perú. (CODESU), Manual 12: 8-9.
2. CARDENAS, E. (1999). Descripción de especies forrajeras. Curso de Pastos. Facultad de Zootecnia. UNAS. Tingo Maria – Perú.
3. COLCHESTER MARCUS, 2000. Forest peoples programme, 12 de julio de, correo electrónico :marcus@fppwrm.org Fuente: Boletín N° 48 del WRM.
4. COPYRIGHT 2000. Multimedios Ambiente Ecológico <http://www.ambiente-ecologico.com/> // info@ambiente-ecologico.com.
5. COPYRIGHT 2000. Multimedios Ambiente Ecológico <http://www.ambiente-ecologico.com/> // info@ambiente-ecologico.com.
6. DE LA PEÑA V GUSTAVO. 2000. Correo electrónico: gpv62@yahoo.com
Catarina Illsley Correo electrónico: gea@laneta.apc.org
7. MACDOWELL. (1974). Tabla de Composición de Alimentos de América Latina. Universidad de Florida.
8. MANUAL PARA EL ANÁLISIS DE SUELOS. 1996. Manual para el Análisis de Suelos, Aguas, Plantas. UNALM. Lima – Perú. Pág. 12 – 13.
9. OCEANO. 1999. Agricultura y Gandería. Barcelona - España.
10. ONERN 1984, "Estudio de Evaluación de Recursos Naturales y Plan de Protección Ambiental". Vol. I. pág. 47.
11. RAMOS, N. (1979). Instituto de Ciencia Animal. La Habana – Cuba.

12. REYES, C. (1992). Avances de Investigación en Producción de semillas forrajeras tropicales, frutales nativos y árboles maderables. INIA – Pucallpa – Perú.
13. ROMERO E, ESCOBAR A Y COMBELLAS J. 1996. Efecto de la densidad de siembra y la altura de corte sobre la producción de follaje, madera, composición química y fijación de CO₂ de *Gliricidia sepium*. Revista Investigación Agrícola Danac. [En línea] <http://www.redpav-fpolar.info.ve/danac/volumen1/art4/index.html>.<O:P
14. TOLEDO, E. 2000. Oportunidades para el desarrollo forestal sostenible en San Martín. CEDISA. 1ra edición, Junio 2000. Perú textos SAC. 63 p.
15. UNEP, GEMS. 1992. Los gases que producen el efecto invernadero, cambio climático global., Traductores. Universidad Autónoma de Chapingo, México. 41p.
16. WOODS HOLE RESEARCH CENTER (WHRC) 1998. Global carbon cycle. The Woods Hole Research Center. [En línea]. <http://www.whrc.org/carbon/carbon.html>.
17. www.agroandino.com/mailto:info@agroandino.com

