



Esta obra está bajo una [Licencia Creative Commons Atribución-
NoComercial-Compartirigual 2.5 Perú](http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/2.5/pe/).

Vea una copia de esta licencia en

<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/2.5/pe/>



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTÍN

FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS

ESCUELA PROFESIONAL DE AGRONOMÍA



**Captura de carbono en el cultivo de café bajo sombra de bosque raleado en
San Martín**

Tesis para optar el Título Profesional de Ingeniero Agrónomo

AUTOR:

Segundo Amasifuén Vásquez

ASESOR:

Ing. M. Sc. César Enrique Chappa Santa María

Tarapoto – Perú

2005

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTÍN

FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS

ESCUELA PROFESIONAL DE AGRONOMÍA



Captura de carbono en el cultivo de café bajo sombra de bosque raleado en San Martín

AUTOR

Segundo Amasifuén Vásquez

Sustentada y aprobada el 28 de diciembre del 2005, ante el honorable jurado

.....
Ing. M.Sc. Jorge Sanchez Rios
Presidente

.....
Ing. M.Sc. Williams Ramirez Navarro
Secretario

.....
Ing. M.Sc. Dr. Orlando Rios Ramirez
Miembro

.....
Ing. M.Sc César Enrique Chappa Santa María
Asesor



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTIN

FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS DECANATURA

JR. AMORARCA 3^{ra} Cdra. TELEFONO: (094) 524074
CIUDAD UNIVERSITARIA



ACTA DE SUSTENTACION PARA OPTAR EL TITULO DE INGENIERO AGRÓNOMO

En la Universidad Nacional de San Martín - Tarapoto, en el aula M-2 de la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional de San Martín, a las 6:00 p.m., del día 28 de diciembre del año dos mil cinco, se reunió el Jurado de Sustentación del Trabajo de Tesis, integrado por:

| | | |
|------------|---|---------------------------------------|
| PRESIDENTE | : | Ing. M.Sc. Jorge SÁNCHEZ RÍOS |
| SECRETARIO | : | Ing. Williams RAMÍREZ NAVARRO |
| MIEMBRO | : | Ing. M.Sc. Orlando RÍOS RAMÍREZ |
| ASESOR | : | Ing. César Enrique CHAPPA SANTA MARÍA |

Para evaluar el trabajo de tesis titulado: "Determinación de la Captura de Carbono en el Cultivo de Café bajo Sombra de Bosque Raleado en el sector Uruwasha - Microcuenca el Ahuashiyacu - San Martín", presentado por el Bachiller en Ciencias Agrarias: Segundo AMASIFUEN VÁSQUEZ.

Los Señores Miembros del Jurado, después de haber observado la sustentación, las respuestas a las preguntas formuladas y terminada la réplica, luego de debatir entre sí, reservada y libremente lo declaran *Aprobado* con el calificativo de *Bueno*, en fe de lo cual se firmó la presente acta, siendo las *8.15 pm* horas del mismo día, en lo que se dio por terminado el acto de sustentación.

Ing. M.Sc. Jorge SÁNCHEZ RÍOS
PRESIDENTE

Ing. Williams RAMÍREZ NAVARRO
SECRETARIO

Ing. M.Sc. Orlando RÍOS RAMÍREZ
MIEMBRO

Ing. César Enrique CHAPPA SANTA MARÍA
ASESOR

Bach. Segundo AMASIFUEN VÁSQUEZ
SUSTENTANTE

Declaratoria de autenticidad

Segundo Amasifuén Vásquez, con DNI N° 41882849, Bachiller de la Escuela Profesional de Agronomía, Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional de San Martín – Tarapoto, con la Tesis titulada: **Captura de carbono en el cultivo de café bajo sombra de bosque raleado en San Martín.**

Declaro bajo juramento que:

1. La tesis presentada es de mi autoría.
2. La redacción fue realizada respetando las citas y referencias de las fuentes bibliográficas consultadas.
3. Toda la información que contiene la tesis no ha sido auto plagiada;
4. Los datos presentados en los resultados son reales, no han sido alterados ni copiados, por tanto, la información de esta investigación debe considerarse como aporte a la realidad investigada.

Por lo antes mencionado, asumo bajo responsabilidad las consecuencias que deriven de mi accionar, sometiéndonos las leyes de nuestro país y normas vigentes de la Universidad Nacional de San Martín – Tarapoto.

Tarapoto, 28 de diciembre del 2005



Bach. Segundo Amasifuén Vásquez

DNI N° 41882849



Dedicatoria

Con amor a mi esposa Teresa Magali Zavaleta Hidalgo, a mis Hijos Vianca Lucero, Valeria Nicol y Darien Jesús, por ser mi fuente de inspiración y motivación, son el mejor tesoro que dios me dio.

A mis padres **Abdón** y **María**, por la confianza puesta en mi persona, fruto de su esfuerzo y amor demostrado a lo largo de mi vida.

A mis hermanos Graciela y Aldo Reyes, por la confianza y apoyo permanente que me ofrecieron durante mis estudios universitarios.

Agradecimiento

- Al Ing. M.Sc. Cesar Enrique Chappa Santa María, asesor de este trabajo, por sus saberes, humildad, calidad humana y profesional.
- A mis padres Abdón y María, a mis hermanos Graciela y Aldo Reyes, por el gran amor, protección y porque son y serán siempre el fundamento de mi superación y existencia.
- A mis amigos Francisco Arévalo, Obdulio Barrera, Roger Aly Gálvez, Henri Delgado y el Blgo. Marco León, por creer en mí y en el anhelo de ser profesional; y al señor José Macedo por ese enorme aporte para la realización de esta investigación.
- A todos los docentes de la Escuela Profesional de Agronomía, quienes fueron los forjadores de los conocimientos que adquirí para forjarme en esta noble profesión.

Índice general

| | Página |
|--|---------------|
| Dedicatoria | vi |
| Agradecimiento | vii |
| Índice general | viii |
| Resumen | xii |
| Abstract | xiii |
| Introducción | 1 |
| CAPÍTULO I: REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA | 3 |
| 1.1. Consideraciones generales del cultivo de café..... | 3 |
| 1.2. Sombra en el café (<i>Coffea arabica</i> L.)..... | 5 |
| 1.3. Servicios ambientales del paisaje cafetalero peruano | 7 |
| 1.4. Características y funciones de los sistemas agroforestales | 10 |
| 1.5. Interacciones ecológicas y de competencia en los sistemas agroforestales..... | 10 |
| 1.6. Fijación del carbono (Fotosíntesis)..... | 11 |
| 1.7. Emisión de CO ₂ | 14 |
| 1.8. Captura de carbono en diferentes tipos de ecosistemas | 16 |
| 1.9. El ciclo del Carbono | 18 |
| 1.10. El rol de los Bosques como sumidero de carbono | 19 |
| 1.11. El efecto invernadero y el calentamiento global..... | 20 |
| 1.12. Carbono Almacenado | 21 |
| 1.13. Carbono secuestrado | 22 |
| | |
| CAPÍTULO II: MATERIAL Y MÉTODOS | 23 |
| 2.1. Ubicación del campo experimental..... | 23 |
| 2.2. Antecedentes del campo experimental | 23 |
| 2.3. Condiciones climáticas | 23 |
| 2.4. Diseño y características del experimento..... | 24 |
| 2.4.1. Diseño experimental | 24 |
| 2.4.2. Cálculos de la biomasa vegetal..... | 24 |
| 2.4.3. Cálculo de carbono en el suelo | 25 |
| 2.4.4. Cálculo del carbono total | 27 |

| | |
|---|-----------|
| 2.4.5. Características del campo experimental | 27 |
| 2.4.6. Conducción del experimento | 27 |
| 2.4.7. Evaluaciones registradas | 28 |
| CAPÍTULO III: RESULTADOS Y DISCUSIÓN..... | 31 |
| 3.1. Resultados | 31 |
| 3.1.1. Carbono acumulado en la biomasa de árboles en pie, vivos y muertos | 32 |
| 3.1.2. Carbono acumulado en los árboles caídos muertos..... | 34 |
| 3.1.3. Carbono acumulado en los tocones | 33 |
| 3.1.4. Carbono acumulado en el estrato arbustivo y herbáceo | 34 |
| 3.1.5. Carbono acumulado en la hojarasca..... | 35 |
| 3.1.6. Carbono acumulado en el suelo..... | 36 |
| 3.1.7. Carbono acumulado en los diferentes estratos | 37 |
| 3.2. Discusiones | 38 |
| CONCLUSIONES | 47 |
| RECOMENDACIONES | 48 |
| REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS | 49 |
| ANEXOS | 51 |

Índice de tablas

| | Página |
|---|---------------|
| Tabla 1: Emisiones de Carbono | 15 |
| Tabla 2: Tratamientos estudiados..... | 24 |
| Tabla 3: Análisis físico químico del suelo de cada tratamiento en estudio..... | 28 |
| Tabla 4: Análisis de varianza para carbono acumulado en la biomasa de árboles en pie, vivos y muertos, expresado en Kg.ha ⁻¹ | 31 |
| Tabla 5: Análisis de varianza para carbono acumulado en la biomasa de árboles caídos muertos en Kg.ha ⁻¹ | 32 |
| Tabla 6: Análisis de varianza para carbono acumulado en los tocones vivos y muertos en Kg.ha ⁻¹ | 33 |
| Tabla 7: Análisis de varianza para carbono acumulado en la biomasa arbustiva y herbácea en Kg.ha ⁻¹ | 34 |
| Tabla 8: Análisis de varianza para carbono acumulado en la hojarasca en Kg.ha ⁻¹ | 35 |
| Tabla 9: Análisis de varianza para carbono acumulado en el suelo en Kg.ha ⁻¹ | 36 |

Índice de gráficos

| | Página |
|---|---------------|
| Figura 1: Prueba de Duncan para el carbono acumulado en la biomasa de los árboles en pie, vivos y muertos en Kg.ha ⁻¹ | 31 |
| Figura 2: Prueba de Duncan para el carbono acumulado en los árboles caídos muertos en Kg.ha ⁻¹ | 32 |
| Figura 3: Prueba de Duncan para el Carbono acumulado en los tocones en Kg.ha ⁻¹ | 33 |
| Figura 4: Prueba de Duncan para el carbono acumulado en la biomasa arbustiva y herbácea en Kg.ha ⁻¹ | 34 |
| Figura 5: Prueba de Duncan para el carbono acumulado en la hojarasca en Kg.ha ⁻¹ | 35 |
| Figura 6: Prueba de Duncan para el carbono acumulado en el suelo en Kg.ha ⁻¹ | 36 |
| Figura 7: Acumulación porcentual promedio de carbono por tratamiento en los parámetros evaluados en Kg.ha ⁻¹ | 37 |
| Figura 8: Carbono acumulado en la biomasa aérea en Kg.ha ⁻¹ | 37 |
| Figura 9: Carbono total acumulado por tratamiento Kg.ha ⁻¹ | 38 |

Resumen

El presente trabajo se realizó con el objetivo de determinar la captura de carbono en el cultivo de café establecido a diferentes años en bosque raleado y su aporte de acumulación en cada componente, teniendo como testigo al bosque secundario, en el sector Urahuasha, Perteneciente al Distrito de la Banda de Shilcayo en la Provincia de San Martín, cuya ubicación geográfica: Latitud sur Longitud Oeste, a una altitud de 840 msnm en suelos de textura arcillosa y clima con temperatura promedio de 22 °C y precipitación de 2000 mm por año. Se empleó un diseño DBCA con cinco tratamientos (Café de 2 años, café de 3 años, café de 4 años, café de 6 años y testigo complementario) y cuatro repeticiones, los parámetros registrados fueron el carbono en el suelo, en la hojarasca, en la parte arbustiva y herbácea, en los árboles caídos y muertos, en los árboles parados vivos y muertos. Se determinó que el mayor porcentaje de acumulación de carbono de los diversos componentes se dio en el suelo de cada sistema el cual representa un promedio de 33,81 % de todo el carbono capturado. No obstante se observó que la presencia del total de la biomasa aérea repercute grandemente al total de carbono capturado en los sistemas, el cual así mismo representa un promedio de 66.44 % determinándose que la mayor captura de carbono se obtuvo en sistema agroforestal con café de cuatro años (T₃) con un total de 43 887,38 Kg.ha⁻¹.

Palabras clave: Carbono, biomasa aérea, captura de carbono, biomasa arbustiva, herbáceas

Abstract

The present work was carried out with the objective of determining the carbon capture in the coffee crop established in different years in thinned forest and its contribution of accumulation in each component, having as a witness the secondary forest, in the Urahuasha sector, belonging to the District of the Band of Shilcayo in the Province of San Martín, whose geographic location: Latitude South Longitude West, to an altitude of 840 msnm in soils with clayey texture and climate with average temperature of 22°C and precipitation of 2000 mm per year. A DBCA design was used with five treatments (2-year coffee, 3-year coffee, 4-year-old coffee, 6-year-old coffee and complementary control) and four repetitions, the parameters recorded were carbon in the soil, in the litter, in the shrub and herbaceous part, in the fallen and dead trees, in the standing trees alive and dead. It was determined that the highest percentage of carbon accumulation of the various components occurred in the soil of each system which represents an average of 33.81% of all the carbon captured. However, it was observed that the presence of the total of the aerial biomass greatly affects the total carbon captured in the systems, which likewise represents an average of 66.44% determined that the highest carbon capture was obtained in an agroforestry system with coffee of four years (T3) with a total of 43 887.38 Kg.ha⁻¹.

Key words: Carbon, aerial biomass, carbon capture, shrub biomass, herbaceous.



Introducción

El concepto de captura de carbono habitualmente se vincula a la noción de almacenar reservas de carbono en los suelos, bosques y otras manifestaciones de vegetación donde dichas reservas se encuentran comprometidas bajo el peligro inminente de ser pérdidas. Asimismo, se suma la promoción del incremento de las reservas de carbono bajo diferentes escenarios como son la rehabilitación de bosques, sistemas agroforestales y el establecimiento de plantaciones forestales.

Existen diversos mecanismos implantados que permiten la captura de carbono, con son a través de la conservación, forestación, reforestación y manejo apropiado en la gestión de los bosques. El resultado de la captura de carbono puede ser medido a través de la cuantificación generada del almacenamiento de carbono en la biomasa y en el suelo de un determinado ecosistema. Los bosques son un rol principal en el ciclo global de carbono, hoy en día la deforestación es responsable de aproximadamente del 20% de las emisiones anuales del dióxido de carbono producidos por la humanidad, sin embargo, se estima que el manejo sostenible, preservación y reforestación de los bosques primarios, podría capturar alrededor de 120 TM.C/ha (Moya, 1998).

Debido al elevado nivel de concentración de gases de efecto invernadero, el calentamiento progresivo se viene dando de forma considerable, produciendo cambios climáticos bruscos, trayendo como consecuencia inundaciones, sequías prolongadas, así como una mayor ocurrencia de tornados, huracanes, friajes, etc.

La importancia de desarrollar sistemas agroforestales para la producción, se ha profundizado debido a que ofrece una alternativa sostenible para incrementar la diversidad de especies tanto animales como vegetales, con reducida dependencia de insumos externos y se suma la potestad de secuestrar el carbono pueden proporcionar bienes y servicios que permitirían la deforestación entre 5 a 20 hectáreas manejadas con este sistema Dixon (1995). Con estos sistemas se trata de aprovechar la ventaja de varios niveles de la vegetación, proporcionando una diversidad de alimentos que permiten al agricultor variar su dieta y proporcionándole otras materias primas.

En estos últimos años se ha calculado el viable de fijación de carbono atmosférico en praderas con pastos “mejorados” y otros sistemas de uso de la tierra, la capacidad de fijar carbono en los sistemas agroforestales de café, específicamente en los establecidos con sombra cultivada artificial son los más comunes en cuanto al reporte sobre estos casos. Los cuales presentan una alternativa sostenible en cuanto a la aptitud de su producción; pero sobre su establecimiento inicial representan un gran aporte en la emisión de CO₂ a la atmósfera. Sin embargo, existe la implementación del café bajo sombra raleada donde el impacto ecológico puede ser menor y en la cual existe poca o ninguna cuantificación específica de este sistema de uso de la tierra.

Los objetivos del presente estudio fueron: determinar el contenido de carbono capturado en un sistema de cultivo de café bajo sombra de bosque raleado en el sector Urahuasha y evaluar el aporte del carbono secuestrado en todos los componentes del sistema agroforestal del cultivo de café bajo sombra de bosque raleado.

CAPÍTULO I

REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

1.1 Consideraciones generales del cultivo de café (*Coffea arabica* L.)

El cultivo de café (*Coffea arabica* L) pertenece a la familia de las Rubiáceas, crece aislado y en forma espontánea en las montañas de Etiopia y en áreas vecinas de Sudan, por encima de los 1 500 msnm. El centro de mayor diversidad se sitúa en el África Occidental donde predomina la especie: *Coffea arabica*, adaptada a las condiciones climáticas y de suelo de las áreas tropicales y sub tropicales hasta los 2000 msnm (León, 1987).

El porte de *Coffea arabica* L, resulta de un tipo de arquitectura poco común caracterizado por el dimorfismo de ejes, la planta adquiere una forma piramidal o cónica, este tipo de porte no corresponde a lo que se conoce como arbusto, aunque comúnmente se aplique a la planta de café. La altura varia ampliamente, llega hasta unos cinco metros en ‘Maragogipe’ y en cambio en algunas segregaciones de ‘Murta’ apenas alcanza un decímetro.

El tallo consiste en un eje vertical u ortotrópico del que salen ejes laterales o plagiotrópicos. En plantas provenientes de semilla el tallo crece por un meristema apical que forma nudos y entrenudos. En los primero nueve a once nudos aparecen hojas opuestas en filotaxia; en cada nudo hay dos estípulas, opuestas a las hojas. Las axilas de las ramas plagiotrópicas cualquier orden producen inflorescencias, por lo común solo una ves; de modo que la producción de flores se desplaza conforme pasan las floraciones hacia el ápice de las ramas. No existen deferencias anatómicas reconocibles en la estructura de las ramas verticales y plagiotrópicas (León, 1987).

La raíz es de tipo pivotante y cónica, de una profundidad máxima entre 50 a 60 cm. Generándose dos formas de raíces, siendo una como de sostén por ser más profunda y la otra que se expanden de forma horizontal (laterales), además de esta brotan las raicillas que son las responsables de la alimentación concentrándose en un superior de 80 % de su biomasa durante los primero 30 cm de profundidad.

De las ramas plagiotrópicas, se generan las hojas en posiciones opuestas, circunscritas por dos agudas estípulas, asimismo presentan un peciolo plano, su lamina puede medir entre los 12 a 24 cm, de color verde oscuro brillante en el haz y el envés de color verde claro.

De las hojas generadas de las ramas plagiotrópicas, de las axilas superiores brotan las flores, alcanzando hasta cinco inflorescencias, apreciándose en una recta entra las hojas y la rama. El fruto es generado por los óvulos fecundados que se mantiene latente por unas cuatro semanas y luego se activa un crecimiento acelerado hasta completar los 80 a 100 días, luego su desarrollo mantiene hasta los 120 días para iniciar su maduración, que dura durante 40 y 60 días, el fruto maduro es una drupa elipsoidal ligeramente aplanada, cuyos tres ejes principales miden de 12 a 18 mm de longitud, de 8 a 14 mm de ancho y siete a 10 mm de grosor (León, 1987).

La semilla es un cuerpo plano - convexo, de ancho entre 0,6 a 1 cm, de largo de 0,9 a 1,8 cm, de grosor entre 0,4 a 0,8 cm, presenta en la cara interna un surco, mientras que la cara externa es convexa. Mayor parte de su constitución es endosperma que cubre el embrión sobre la parte basal (León, 1987).

- **Clima y suelo**

León (1987), indica que se desarrolla bajo una precipitación entre los 750 mm anuales hasta 3 000 mm, sin embargo, el mayor requerimiento de la precipitación es durante su etapa de floración, coincidiendo con menores precipitaciones para la inducción floral, además de un rango de altitud de 1200 a 1700 msnm., acompañada de una temperatura media anual es de 16 °C a 22 °C. Así mismo, Castañeda (2000), menciona que el clima esta determinado por factores como temperatura, altura y precipitación. En alturas entre 1200 a 1600 msnm. existe alta precipitación pluvial y baja luminosidad y una temperatura de 18 a 20 °C, produciendo un café de excelente calidad; entre los 900 a 1200 msnm, las precipitaciones son medianas y así también existe media luminosidad y una temperatura de 20 a 22 °C, produciendo un café de buena calidad; entre 600 a 900 msnm. hay bajas precipitaciones y una alta luminosidad y temperaturas de 22 a 24 °C, produciendo un café de calidad Standard.

Figuroa (1988), menciona que el cultivo requiere de suelos bien drenados profundos de pH 4,2 - 5,1, condiciones ideales para el café arábico en Brasil y en caso del robusta en el África Oriental. Así mismo, Benito (1996), hace mención a que terrenos ligeramente planos y hasta un 30 % de pendiente son preferentemente para el establecimiento del cultivo de café.

1.2 Sombra en el café (*Coffea arabica* L.)

Greeberg y Rice (2000), señalan la importancia de mantener un equilibrio entre las plantas y el cultivo de café, desde similares requerimientos de agua y nutrientes, además de haber comprobado que se producen mayores rendimientos del cultivo sin sombra que asociado a plantas. Por esta razón es necesario que la poda de los árboles de sombra, se regule de acuerdo a las condiciones del clima.

Cueva (1999), recomienda que en condiciones para las zonas de la región San Martín, tales como “zonas bajas, con altas temperaturas y luminosidad, periodos prolongados de sequía y baja fertilidad de suelos”, es necesario contar con árboles apropiados que brinden sombrío a la plantación, así como para la cuenca del Huallaga Central y Bajo Mayo, mientras que para las zonas altas, como en algunas zonas del Alto Mayo, con “temperaturas moderadas, menor intensidad de luz, periodo seco más corto y buena fertilidad de los suelos”, se pueden establecer plantaciones a plena exposición solar.

Entre las ventajas de la de cubrir de sombra al cultivo de cafeto, es que regula la humedad, disminuye la temperatura del suelo, control de malezas, reduce los vientos, incorpora materia orgánica, que este último es principal de brindar una mejor estructura y fertilidad del suelo.

El cafeto a pleno sol crece rápidamente y desarrolla más follaje, si tiene la humedad y elementos necesarios producirá más que a la sombra, pero vivirá por menos años. En definitiva, el café requiere para su crecimiento, floración y fructificación un ambiente fresco, poca luz y suficiente humedad.

Los beneficios del sombrío en una plantación de café son los siguientes:

- Regula la floración y maduración del fruto.

- Una buena sombra permite mayor vida útil del café.
- Hay un reciclaje de nutrientes y fijación de nitrógeno.
- Hay menor inversión de pesticidas y fertilizantes.
- Reduce la acción erosiva de las lluvias y ayuda a conservar los suelos al reducir la incidencia directa de la radiación solar.
- Hay un aumento de la capacidad de absorción e infiltración de agua al suelo.
- Disminuye la proliferación de malezas.

Greeberg y Rice (2000), indican que los árboles de fuste grande y copa amplia se deben sembrar entre 10 a 12 m, las podan deben desarrollarse de acuerdo al clima y la especie.

El café se cultiva bajo dos tipos de sombra: La sombra rustica. Este tipo de sombra esta constituida por especies forestales existentes de manera nativa en el lugar de establecimiento del cultivo. El café rustico se puede constituir en café cultivado bajo bosque primario o bajo bosque secundario. Y el más corriente con sombra planificada, en este tipo de sistema, se han plantado árboles para producir productos de utilidad, el sistema se denomina poli cultivo tradicional. El área de café cultivado con dichos sistemas varía de un lugar a otro. Aquí se establece inicialmente la sombra temporal con especies anuales o de corto periodo vegetativo que protejan a las plantas de café en crecimiento, para luego paralelamente al desarrollo de estas establecer las especies para sombra permanente los cuales brindaran la luminosidad adecuada al café durante toda su etapa vegetativa y productiva.

1.3 Servicios ambientales del paisaje cafetero peruano

Los enormes servicios ecosistémicos que se produce bajo el agroecosistema de diversidad forestal, produciendo múltiples funciones, alcanzando un café orgánico, por el manejo eficiente preventivo y de control (Flores, 2001).

Control de clima. La biomasa producida por la ramas, tronco y raíces ayudan a la fijación de carbono de atmosfera, reduciendo así, el calentamiento global. Existen sólo las 8 268 hectáreas certificadas, asociado a una gran diversidad de árboles. Donde

se determina que se pueden obtener ingresos de hasta US \$ 193 298 a un precio de US \$ 5,30 por tonelada.

Control de suelos. En caso del café orgánico al no usarse agroquímicos, como consecuencia se aprecia una mayor protección y mejoramiento del suelo. Si se consideran las 8 268 hectáreas certificadas, como valor referencial internacional de suelo agrícola es de US \$ 12/Ha, asciende entonces a US \$ 103.343.

Reciclaje de nutrientes, y para el control natural de plagas, malezas y enfermedades y la protección de cuencas hidrográficas. De 100 kg de fruto maduro cosechado, rinde 39 kg en pulpa fresca, 22 kg de mucílago, y 39 kg de café húmedo; el rendimiento del cultivo medio es 1 500 kg/ha de pulpa fresca, manifestado por caficultores orgánicos de Quillabamba (Cuzco); en base a los rendimientos mostrados en conjunto con las 8 268 hectáreas certificadas, se considerarían 4.092.660 kg de abono orgánico (495 kg/ha).

Por último, en un estudio de los nutrientes del suelo del paisaje cafetero, Sánchez (“Junta Nacional del Café. *Café orgánico. Producción y comercialización en Perú.* GTZ y FOS. Lima: 1999”), que el paca var. guaba (*Inga edulis*), aporta 80 kg N/ha. Entre otros, para cubrir en abonos orgánicos como roca fosfórica o guano de isla oscila entre S/200.00/ ha/año para los productores de Piura.

Por el cual, se estima un calculo por el servicio ecosistémico del cultivo de café asciende a US \$ 2.893.800.

Valor de Opción. Valores futuros directos e indirectos:

- Bioprospección en los árboles presentes en la chacra con propiedades que dan sombra al café, cuyas propiedades se ignoran en la mayoría de casos.
- Conservación de espacios y nichos ecológicos de la avifauna en el paisaje cafetero.
- Actividades ecoturísticas y recreacionales en la zona cafeteras (ej.Quindio , Colombia).

Valor de legado. Valor de uso y no uso del legado ambiental:

- Prevención de hábitats de cambios irreversibles: Cuando se produce orgánicamente el café con diversidad de árboles de sombra, en comparación con semisombra o plena exposición al sol, las aves tienen donde posar sus nidos y realizar sus procesos migratorios sin problema.

Valores de existencia. Valor de conocer que todavía existe un componente en el ambiente. Los paisajes cafetaleros del Perú sirven como hábitat para especies (las aves migratorias más estudiadas), genes y ecosistemas.

1.4. Características y funciones de los sistemas agroforestales

López (1994), menciona que, son formas de uso y manejo de la tierra, en las cuales los árboles o arbustos son asociados con cultivos agrícolas o con animales en el mismo terreno de manera simultánea o en una secuencia temporal. Constituyen las opciones más prácticas para controlar los problemas de erosión y baja producción en los trópicos de suelos pobres (ultisoles, que constituyen más del 70% de los suelos agrícolas del trópico latinoamericano), el mismo autor indica además las siguientes bondades:

- Disminuyen los efectos de la mala utilización de los suelos, que es consecuencia de una ocupación incontrolada de las tierras por la fuerte presión demográfica.
- Contrarrestar la deforestación masiva de los bosques tropicales, para rescatar los recursos biológicos que contiene.
- En áreas depredadas contribuye con la regulación hídrica de las cuencas (hidrorregulación).
- Como sistema de conservación de suelos y de reciclaje de nutrientes, asegura en gran parte la sostenibilidad del desarrollo agropecuario.
- Permite diversidad productiva (agricultor-ganadero-forestal): impacta positivamente en el resultado económico de una finca y tener siempre productos para el mercado. Cumple funciones de conservación y de máximo aprovechamiento de los suelos.

1.5 Interacciones ecológicas y de competencia en los sistemas agroforestales

Los sistemas agroforestales pueden semejarse a una plantación natural o forestal, ellos son diferentes de estos, porque los componentes tanto planta como animales son seleccionados o arreglados y manejados por los agricultores, en muchos de estos arreglos, la producción para subsistencia es favorecido sobre la generación de dinero. Las interacciones entre especies son regidas por el ambiente a través del principio efecto-respuesta, estado en la cual la planta y su medio ambiente modifican uno a otro, así el medio ambiente causa una respuesta en el crecimiento y función de la planta, entonces la planta tendrá efecto sobre el medio ambiente cambiando uno o más de los factores. La morfología de la planta y su desarrollo en el tiempo y espacio son gobernados por el medio ambiente, pero al mismo tiempo la planta puede cambiar su medio ambiente. La naturaleza de las interacciones dentro y entre especies concierne vías en las cuales una planta puede influenciar su vecindad cambiando su medio ambiente directamente por adicción o sustracción de nutrientes. Por lo tanto, las interacciones entre especies existentes en el sistema pueden efectuar positiva y negativamente en el desarrollo de estas. Debidamente por competencia, mutualismo, comensalismo o parasitismo desarrollados en los diferentes estratos del medio del sistema agroforestal (Arévalo, 200).

1.6 Fijación del carbono (fotosíntesis)

Delvin (1982), destaca en términos simples que la fotosíntesis consiste en la “conversión del CO_2 a carbohidratos, mediante el consumo de energía de la luz y asociada a una formación de oxígeno a partir del agua (H_2O)”.

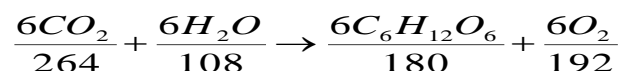
Marliak (1980), indica que el proceso fotosintético se resume en el orden:

- La energía de luz es capturada por los cloroplastos a través de la clorofila.
- La molécula de agua se divide en la producción de electrones de (H^+) de alta energía y oxígeno (O_2).
- Traspaso de electrones para la generación de energía química (en forma de compuestos denominados ATP y agentes reductores de gran potencia en forma de compuestos denominados NADPH_2).

- ATP Y NADPH₂ como fuente energía para fijar el CO₂ y así, formar los carbohidratos y otros constituyentes de la planta.

Las reacciones luminosas vienen hacer los tres primeros eventos, y la última es llamada reacción de oscuridad (“ciclo C-3 o ciclo de Calvin, ciclo C - 4 y ciclo de las crasuláceas”).

El flujo de actividad hídrica es un factor crítico para la realización de la fotosíntesis, mencionado que el contenido de agua en la materia vegetal es usualmente, sumamente muy elevado, obteniendo cifras que llegan con facilidad al 90 95 % de contenido hídrico relativo. Sin embargo, el porcentaje varía con la materia inerte que acompaña al protoplasma vivo y con el grado de actividad vital. Así en tejidos embrionarios, la fracción acuosa alcanza cotas límite para rebajarse hasta el 40 - 60 % en tejidos esqueléticos, en estados de poca actividad como quistes, esporas, semillas, etc., el contenido hídrico relativo puede oscilar entre el 2 y el 15 % siendo vital cifras del orden del 5 % (Gil, 1995). Para acercarnos más a estos datos estimativos según la reacción estequiométrica resumida de la fotosíntesis de glucidos se necesita lo siguiente.



Para incorporar 264 g de CO₂ que equivale a incrementar la materia seca en 180 g de glucidos, se requiere de 108 g de agua y para capturar esta cantidad es necesario un flujo en la planta de según el tipo de fotosíntesis:

- 48000 g. – 108 000 g. en el tipo C-3.
- 2 400 g. – 3 600 g. en el tipo C-4.
- 6 000 g. – 7 200 g. en el tipo CAM.

1.6.1 Fotosíntesis de las plantas C3

Fijan el bióxido de carbono con “la enzima ribulosa difosfato para formar dos moléculas de ácido 3-fosfoglicérico (un ácido de tres carbonos) mediante el proceso fotosintético de Calvin-Bemson; esta reacción es catalizada por la enzima ribulosa difosfato carboxilasa (RuBP)”. “Estas plantas fijan el carbono durante el proceso fotosintético haciendo reaccionar el CO₂ con ácido fosfoenol pirúvico en

presencia de la enzima fosfoenolpiruvato carboxilasa, para producir así ácido oxaloacético (un ácido de cuatro carbonos) mediante el proceso de Hatch-Slack” (Loguerico, 2000).

Las plantas C-3 poseen baja tasa de actividad fotosintética con altos puntos de compensación del dióxido de carbono entre 50 a 500 PPM de CO₂ y altas tasas de fotorrespiración, de forma inversa sucede con las C-4 con valores de 0 – 10 PPM de CO₂.

Las plantas C-4 son de mayor eficiencia en el empleo del agua que las C-3, no obstante, las plantas CAM son aun más eficientes que las C-4 porque la apertura de sus estomas se da en la noche. Las plantas C-3 alcanzan la saturación lumínica a bajas intensidades de luz entre 11 000 a 43 000 lux a concentraciones normales de CO₂ (0,03 %).

Arcila (1985), destaca que, desde el punto de vista fotosintético, el cafeto se comporta como una esciófila, en el cual presenta cuatro características de que reflejan sus condiciones de planta adaptada a la sombra:

1. En las hojas a plena exposición solar, las tasas máximas de fijación de CO₂ son bajas (alrededor de 7 micromoles de CO₂ / m² / segundo a 20 °C, mientras que hojas a la sombra pueden alcanzar valores hasta de 14 micromoles de CO₂ / m² / segundo a 20 °C.
2. Las hojas a plena exposición solar necesitan un máximo de 500 a 600 unidades (micro Einsteins) de energía fotosintéticamente activa por m² / segundo. Las hojas a la sombra necesitan alrededor de 300 unidades. Se considera que en el trópico hay disponibles a medio día, en un día soleado alrededor de 2 500 unidades de energía fotosintéticamente activa.
3. El cafeto adulto, el haz de hojas retiene gran proporción de la radiación solar incidente y un porcentaje de rasuración llega a las hojas mas internas, En investigaciones realizadas se observó que el follaje de la variedad Catuai interceptó un 96 % de la radiación solar incidente y el 4 % restante llego a la superficie del suelo. La capa de hojas mas externas interceptó 88 % de la

radiación total y solamente 8 % restante quedó disponible para las demás capas.

4. La tasa de la fotosíntesis se reduce en forma acentuada al incrementar la temperatura de la hoja por encima de 25 °C, debido probablemente que por deshidratación de la hoja se produce cierre de los estomas, esto quiere decir que la tasa de fotosíntesis neta de las hojas de café a plena exposición solar, durante un día soleado será baja porque la temperatura de la hoja puede alcanzar 35 – 40 °C.

1.7. Emisiones de CO₂

La concentración de dióxido de carbono en el aire es relativamente pequeña, alrededor de tres partes por 10 000 o sea 0,03 % en volumen. Esta cantidad, aunque pequeña es relativamente constante y proporciona un suministro constante y adecuado de dióxido de carbono al mundo vegetal. Puesto que la población de plantas, que utiliza una cantidad de dióxido de carbono mucho mayor de la que desprende, supera en mucho la población animal en el mundo, podríamos pensar que la concentración de CO₂ de la atmósfera no podrá mantenerse constante (Delvin, 1982).

En aspecto, el actual aceleramiento del calentamiento global durante esta última década, es tan devastadora e irreversible que e hay visto a lo largo de nuestra historia, la fundamental causa es el incremento de CO₂ en la atmósfera. “La mantención del nivel de dióxido de carbono dentro de los límites razonables implica un intrincado fuego de controles y balances en la atmósfera, los océanos, los seres vivos, la corteza y el manto terrestre”. La masa acumulada del carbono en respuesta a las actividades de los organismos es mayor que la atmósfera en 100 000, asimismo, la masa de carbono del organismo vivo cuadruplica al C que se encuentra en la atmósfera.

Durante los últimos 150 años, se han fijado mayor parte de toneladas de carbono a la atmósfera inducido principalmente a actividades de la industria, principalmente por países del hemisferio norte, representando un 90 % de las

emisiones de C O₂ y acompañado de otros gases productores del calentamiento global (Lohmann, 2002).

Tabla 1.

Emisiones de Carbono

| N ^o | País | Total de emisión C (1) | | Emisiones C / Habitante (2) | |
|----------------|----------------|------------------------|------|-----------------------------|------|
| | | 1990 | 1995 | 1990 | 1995 |
| 01 | Australia | 72 | 82 | 4.3 | 4.5 |
| 02 | Austria | 16 | 16 | 2.1 | 1.9 |
| 03 | Bélgica | 30 | 33 | 2.1 | 1.9 |
| 04 | Alemania | 268 | 239 | 3.4 | 2.9 |
| 05 | Canadá | 118 | 129 | 4.2 | 4.3 |
| 06 | Dinamarca | 14 | 17 | 2.8 | 3.2 |
| 07 | Estados Unidos | 1335 | 127 | 5.3 | 5.4 |
| 08 | España | 59 | 69 | 1.5 | 1.8 |
| 09 | Finlandia | 15 | 18 | 2.9 | 3.6 |
| 10 | Francia | 103 | 97 | 1.8 | 1.7 |
| 11 | Grecia | 20 | 21 | 2.0 | 2.1 |
| 12 | Islandia | 1 | 1 | 2.6 | 2.5 |
| 13 | Irlanda | 9 | 10 | 2.6 | 2.5 |
| 14 | Italia | 111 | 116 | 2.0 | 2.0 |
| 15 | Japón | 291 | 315 | 2.3 | 2.5 |
| 16 | Luxemburgo | 3 | 2 | 7.8 | 6.1 |
| 17 | Nueva Zelanda | 7 | 8 | 2.0 | 2.2 |
| 18 | Noruega | 9 | 8 | 2.0 | 1.8 |
| 19 | Portugal | 11 | 14 | 1.1 | 1.4 |
| 20 | Reino Unido | 159 | 153 | 1.7 | 1.7 |
| 21 | Suecia | 14 | 15 | 1.7 | 1.7 |
| 22 | Suiza | 12 | 11 | 1.8 | 1.6 |
| 23 | Turquía | 38 | 43 | 0.7 | 0.7 |

(1) = Millones de Toneladas de carbono

(2) = Toneladas de carbono

Fuente: Maisonnave, 1997.

Si bien es cierto que las actividades de industria, es causante del incremento de los niveles CO₂, otra causa que se ve implicada es el cambio de uso de la tierra, siendo los bosques reconvertidos a áreas agrícolas, en comparación entre estos el primero retiene de 20 a 100 veces más carbono. A la fecha, se de forma anual se pierden 170 000 km² de cobertura boscosa, siendo 1.8 billones de TM de C, representando el 20 % de las emisiones globales (Maisonnave, 1997).

1.8. Captura de carbono en diferentes tipos de ecosistema

La reconversión de pastos a la reforestación logra alcanzar aproximadamente un almacenamiento de en la vegetación de 120 Tn C/ha. La asociación de árboles con cultivos temporales y permanentes pueden capturar aproximadamente 70 Tn C/ha. En cambio, los bosques logran fijar 300 Tn C/ha. (Moya, 1998).

En investigaciones en bosques primarios y secundarios de Colombia, se registraron 233.949 Tn/ha y 454.823 t/ha respectivamente, concerniente a la biomasa de estos; en cuanto a la necromasa total, se registró 14.771 TM / ha. en los bosques primarios y 7.312 t/ha en los bosques secundarios. Los bosques primarios quinto duplicaron a la biomasa aérea viva de los bosques secundarios. La evaluación final en cada uno de los ecosistemas concluyó con que el incremento de la biomasa de los bosques primarios y secundarios es de (13.822 y 7.908 TM/ha por año) respectivamente, el cual corresponde a un incremento anual de carbono en bosques primarios de 6.186 Tn/ha por año y 3.539 t/ha por año en bosques secundarios (Orrego y Del Valle, 2000).

En ecosistemas forestales de Chile central, se analizó el balance de carbono en suelos arenosos en donde se observó un gradiente de acumulación de carbono dependiente de la edad de la plantación. Comparándose entre 19 y 33 años, hubo un incremento de 6.8 TM/ha y 11 TM/ha respectivamente, sin embargo la tasa de acumulación media de C, producto de la biomasa aérea fue de 3.7 TM/ha (Schlatter y Gerding, 1999).

En césped de zonas urbanas en los Estados Unidos, en especial en los campos de golf, el científico Ron Follet, encontró que la captura de carbono continua por 31 años en las calles y 45 años en el tipo de césped “*turfgrass*”, después de la cual la velocidad de la captura de carbono no es significativa o se retarda (www.agroandino.com, 2002).

Robert (2002), resalta a los bosques su importancia ya que representan el 29 % del territorio del planeta y que almacenan el 60 % de carbono de la vegetación

terrestre, en tanto, Dupouey et al., 1999, registraron 137 TM C/ha, como promedio de 540 unidades de estudio de la red europea, además de determinar que de esta fijación el 51 % (71 TM C/ha) se encontraba en el suelo y el 12 % se encontraba entre las raicillas y restos superficiales. En cambio, en bosques de Manaos, Brasil, ese fija un total de 447 TM C/ha y en el suelo alberga el 36 % del total (162 TM C/ha).

FAO (1993), señala que actualmente se vienen perdiendo entre 150 000 km² de bosque y 170 000 km² de cobertura boscosa, producto de la deforestación e incluso la reforestación de especies exóticas de rápido crecimiento, principalmente en la zona tropical, convirtiéndose el C orgánico en emisión considerable de CO₂.

1.9. Ciclo de carbono

El bióxido de carbono (CO₂) constituye el enlace indispensable que “une al sol con la tierra por el intercambio bioquímico que permite que la energía luminosa se incorpore a los sistemas vivientes”. De esta energía producto del sol y la respuesta de los cloroplastos a través de la molécula de clorofila por el proceso de fotosíntesis logrado por las plantas, considerados autótrofos. Así esta energía es albergada en la planta en sus células que a su vez puede ser aprovechado por organismos heterótrofos, que mediante la oxidación logra quemar los compuestos y finalmente mediante la respiración el CO₂ retorna al ambiente (Lomeli, 2001).

En la forma de anhídrido carbónico es tomado el C del ambiente por las plantas y mediante la fotosíntesis una parte es transformado en complejos de reserva y en los tejidos, y la otra parte es liberado al ambiente mediante la respiración vegetal, además de alojarse al suelo por la acción de las raíces, la planta al morir la planta, su C es alojado al suelo, y este al ser consumido por un animal (organismo heterótrofo), y cuando respira libera anhídrido carbónico, al morir, en su descomposición aloja C al suelo, finalmente este es aprovechado por bacterias, se fosiliza o es liberado a la atmosfera en forma de anhídrido carbónico. A través de la fosilización se constituye el petróleo, carbón, turba y lignito, además cierta proporción es eliminado por la acción volcánica (Echarri, 2002).

Los procesos metabólicos que ha usado el planeta por miles de años son la fotosíntesis y la respiración para permitir el ciclo del CO₂, dándose a condiciones naturales en aproximadamente en 300 años. Sin embargo por las actividades antrópicas este periodo de completar el ciclo se ha visto alterado, siendo de mayor velocidad y no equilibrado con la fotosíntesis, no evitándose que se acumule en el ambiente (Lomeli, 2001).

1.10. El rol de los bosques como sumidero de carbono

A través de la fotosíntesis las plantas transforman energía solar en química, como es la absorción del CO₂ del aire para establecerse en la biomasa y liberar oxígeno al ambiente. La participación activa de los bosques desempeña una vital importancia en el ciclo de carbono, pues es la de almacenar C en la biomasa por sus componentes ya sean fustes, cortezas, ramas, hojas, raíces y el suelo. Además, se vuelven fuentes de emisión de C, cuando son intervenidos por acción natural como son los incendios, avalanchas, huaycos, fallas geológicas, etc., o por la acción antrópicas. Asimismo, cuando son abandonados las áreas de bosque que han sido intervenidos por diferentes acciones, estas logran regenerarse naturalmente y convirtiéndose en un sumidero de carbono (Loguerico, 2000).

Otros mecanismos de sumidero de carbono, son desarrollados por la actividad antrópica mediante el manejo silvicultural de los bosques, sumándose la reforestación (establecimiento de plantaciones en espacios que antes fueron bosques) y la forestación (establecimiento de plantaciones en áreas donde no había árboles), siendo estos mecanismos capaces de perturbar el ciclo de C, por ello su importancia del potencial para mitigar el cambio climático.

1.11. El efecto invernadero y el calentamiento global

Causado por el incremento de la temperatura en la biosfera, como consecuencia de la ausencia de los efectos térmicos de la atmósfera, lográndose una temperatura de 18 °C entre la radiación solar y la temperatura interior del planeta. Sin embargo, el aumento de la densidad provocado por diferentes gases incrementa la temperatura a + 15 °C (Jiménez, 2000).

La energía emitida por el sol es de ondas de frecuencias altas, que pasan la atmósfera y al ser remitida esta energía se vuelve a ondas de frecuencia corta debido a que procede en el rebote de un cuerpo más frío (planeta Tierra), y estos son absorbidos por los gases de efecto invernadero como son: “CO₂, CFC_s, CH₄ y N₂O”, provocando esta que se mantenga mayor tiempo y por ende se calienta como consecuencia incrementando la temperatura (Ortiz, 1999). Frente a este panorama se encuentra la adaptación de los cultivos, el ordenamiento territorial, etc.

Con la adaptabilidad al cambio climático muchas especies del reino animal podrían verse comprometidas en desaparecer o migrar, pero con el riesgo de encontrar su nicho ecológico ya que se verían alterados sus hábitats, ya que dependen de especies vegetales específicas. Con los cambios se verán comprometidas las estaciones, como ejemplo se reducirá el invierno, la temperatura mínima se moderará y en los días cálidos se sobrevendría olas fuertes de calor (Mainsonnave, 1997).

1.12. Carbono almacenado

Producto de la biomasa adquirida por la relación del bosque a partir de variables como son el suelo y clima, material genético. Durante su desarrollo los árboles logran fijar el CO₂ del ambiente, que es logrado a partir de la fotosíntesis con la finalidad de cubrir su proceso metabólico, estimándose así que se logra fijar en promedio 10 TM C/ha en una plantación arbórea.

En los bosques tropicales se registran promedios de biomasa seca entre 150 y 382 Kg N.ha⁻¹, variando entre 67.5 a 171 Kg N.ha⁻¹, teniendo en cuenta que sólo el 45 % del total de biomasa es C (Alegre *et al.*, 2000).

1.13. Carbono secuestrado

La dinámica del C, se encuentra secuestrado por diferentes intervenciones acciones sean antrópicas o naturales, realizándose un diagnóstico del manejo de suelos conllevando a un historial del uso de la tierra, como soporte a sus antecedentes que hay sido el área de intervención sea los bosques vírgenes, áreas de la frontera agrícola, bosques secundarios, pasturas y sistemas agroforestales, etc (Alegre, *et al.*, 2000).

CAPÍTULO II

MATERIAL Y MÉTODOS

2.1. Ubicación del campo experimental

Se llevó a cabo en el sector Urahuasha, entre los kilómetros 10 y 12 de la carretera Tarapoto - Yurimaguas - distrito de la Banda de Shilcayo, en los predios de los señores: José Macedo Ramírez, Alfredo Flores Macedo, Felipe Ramírez García y Tomas Del Águila Macedo.

Ubicación geográfica

Latitud Sur : 06° 30' 07"
Longitud Oeste : 76° 24' 04"
Altitud : 840 m.s.n.m.

Ubicación política

- Departamento : San Martín
- Provincia : San Martín
- Distrito : Banda de Shilcayo
- Sector : Urahuasha

2.2. Antecedentes del campo experimental

El sector presenta tierras con relieve accidentado, protegida por un comité organizado de agricultores del lugar, creado el 29 de agosto de 1992; como consecuencia de la excesiva deforestación que se venía practicando.

El sector cuenta con 266 has, de las cuales en la actualidad 107 son cultivadas a través de diversos sistemas de producción, con 76 has de bosques nativos y 83 has de bosque secundario. Los sistemas agroforestales con café evaluados se encuentran en bosques secundarios.

2.3. Condiciones climáticas

- Ecosistema : Bosque húmedo premontando Tropical (bh – PT)
- Precipitación : 2 000 mm./año
- Temperatura : promedio anual 20°C
- Altitud : 840 m.s.n.m.
- Humedad relativa : 70 %

2.4. Diseño y características del experimento

2.4.1 Diseño experimental

El experimento se ajustó a un diseño experimental de bloques completos al azar (DBCA) con cinco tratamientos y cuatro repeticiones por tratamiento. Los datos se procesaron en el programa Statistical Product and Service Solutions (SPSS) versión 22 y las variables evaluadas se sometieron al análisis de varianza (ANVA) y a la prueba de rangos múltiples de Duncan a una $P < 0,05$.

Tabla 2.

Tratamientos estudiados

| Tratamientos | Descripción |
|--------------|---------------------|
| T0 | Bosque secundario |
| T1 | Café de dos años |
| T2 | Café de tres años |
| T3 | Café de cuatro años |
| T4 | Café de seis años |

2.4.2 Cálculos de la biomasa vegetal

2.4.2.1 Biomasa arbórea (árboles vivos y muertos)

$$BA = 0.1184 (DAP)^{2.53}$$

Donde:

- DAP = Diámetro a la altura del pecho
- 0.1184 y 2.53 = constantes.

Árboles caídos muertos (BACM)

$$BACM = 0.4 (DAP^2) (L) 0.25(\pi)$$

Donde:

- DAP = “Diámetro a la altura del pecho”
- L = Largo
- π = 3.1416
- 0.4 y 0.25 = Constante

2.4.2.2 Cálculo del contenido de carbono en la biomasa vegetal

$$CC = B * 0.45$$

Donde:

- CC = “Contenido de Carbono”
- B = “Biomasa vegetal”
- 0.45 = “Constante (Proporción de carbono asumido x convección)”.

2.4.2.3 Cálculo de carbono en la biomasa vegetal

$$CB = CAb + CavHb + CH$$

Donde:

- CB = carbono en biomasa
- CAb = carbono arbóreo
- CavHb = carbono arbustivo y herbáceo
- CH = carbono en hojarasca

Fuente: Alegre (2002).

2.4.3 Cálculo de carbono en el suelo

Procedimiento:

- Se colocó 1 g de suelo en un matraz de Erlenmeyer de 250 ml.
- Se añadió 10 ml de $K_2Cr_2O_7$.
- Luego se adicionó 10 ml de H_2SO_4 .
- Se mezcló para alcanzar una solución homogénea. En este proceso se originó la generación de calor.

- Una vez activada la reacción se dejó reposar por 1 h, además de adición de 30 ml de H₂O destilada.
- Cumplido 1 h, se adicionó 5 ml de H₃PO₄, 3 a 4 gotas de ferroin ó 0.5 ml del indicador difenil amina sulfúrica, titulando hasta visualizar el cambio de color, en ese momento se detuvo la titulación.

Nota: Se utilizó una muestra (sin indicador) para identificar la normalidad de FeSO₄.

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

Cálculos:

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 |

$$\% \text{ de m.o} = \% \text{ de C} \times 1.724$$

Fuente: Bazán (1996).

2.4.3.1 Calculo de la densidad aparente del suelo

$$DA = PSN/VH$$

Donde:

DA = densidad aparente

PSN = peso seco neto del suelo

2.4.3.2 Calculo del volumen de suelo

$$V_s = DA \cdot P_s$$

Donde:

V_s = volumen de suelo

DA = densidad aparente

P_s = profundidad del horizonte de suelo

10 000 = valor de la constante

- **Carbono total en el suelo.**

$$CS = V_s * CI$$

Donde:

CS= carbono en el suelo

V_s= volumen de suelo

CI = resultado de carbono reportado de laboratorio

2.4.4. Cálculo del carbono total

$$CT = CB + CS$$

Donde:

CT = carbono total

CB = Carbono Biomasa

CH = Carbono hojarasca

Fuente: Alegre (2002).

2.4.5. Características del campo experimental

Campo experimental:

| | | |
|----------------|---|---------------------|
| Largo | : | 50 m. |
| Ancho | : | 20 m. |
| Área total | : | 1000 m ² |
| Nº de bloques | : | 5 |
| Nº de parcelas | : | 4 |

Parcelas:

| | | |
|------------|---|--------------------|
| Largo | : | 25 m. |
| Ancho | : | 4 m. |
| Área total | : | 100 m ² |

2.4.6 Conducción del experimento

Se identificaron los tratamientos a evaluar, así como también el área específica de evaluación donde se realizó los inventarios y la recolección de las muestras correspondientes para cada estrato puesto en estudio.

a. Análisis de suelo

Se tomaron muestras a una profundidad de 20 cm, siendo seleccionadas al azar, de cada tratamiento, se mezclaron hasta homogenizar y ser enviadas al laboratorio, cuyo resultado se muestra en la tabla 3.

Tabla 3.

Análisis físico químico del suelo de cada tratamiento en estudio

| Muestra | Tratamientos | | | | |
|--------------------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| | T ₀ | T ₁ | T ₂ | T ₃ | T ₄ |
| Textura | Arcilloso | Arcilloso | Arcilloso | Arcilloso | Arcilloso |
| Densidad aparente (g/cc) | 1,0 | 0,84 | 0,82 | 0,80 | 0,82 |
| pH | 6,5 | 7,35 | 6,04 | 5,55 | 6,19 |
| Conductividad E. (mmho) | 1,1 | 2,35 | 0,81 | 0,45 | 0,44 |
| Nitrógeno (%) | 0,14 | 0,09 | 0,13 | 0,11 | 0,08 |
| Fósforo (ppm) | 17 | 15 | 7 | 9 | 6 |
| Potasio inter. (ppm) | 0,41 | 30 | 30 | 20 | 25 |
| Materia orgánica (%) | 3,57 | 2,24 | 3,28 | 2,83 | 2,17 |
| Ca + Mg camb. (meq) | 16 | 7 | 12 | 8 | 32 |

Fuente: Laboratorio de suelos de la UNSM (2010).

2.4.7 Evaluaciones registradas

a. Carbono en la biomasa arbórea

Se realizó el censo forestal de cada parcela de 4 m. x 25 m de los diferentes tratamientos puestos en estudio, midiendo (DAP) de todos los árboles con diámetros ≥ 2.5 cm. En el caso de los transeptos del bosque secundario donde los individuos tenían valores superiores a los 30cm de DAP, se tomaron las mismas medidas, siendo inferidas a la parcela a 5 m. x 100 m.

Se utilizó la fórmula de la raíz cuadrada de la suma de las ramas individuales para individuos que ramificaron debajo del DAP. Insertándose los nombres comunes de cada especie, “si es ramificado o no (NR), índice de densidad de la madera de cada especie (alta: 0,8 media: 0,6 o baja: 0,4) y si es palmera (P) o liana (L)”. Efectuándose diferentes cálculos de biomasa, empleando las formulas recomendadas.

b. Carbono en la biomasa de árboles muertos en pie

Se estimó de acuerdo con el DAP de los árboles, de la misma manera a la estimación de la biomasa arbórea viva.

c. Carbono en la biomasa de árboles caídos muertos

Se registraron el DAP medio y la longitud del árbol dentro del cuadrante los árboles caídos muertos en la parcela de 4 m x 25 m. En caso de que el árbol atraviesa la parcela, solamente se registro la longitud que se encontraba sobre la parcela.

d. Carbono en la biomasa de tocones vivos y muertos

Se registró la longitud y el diámetro medio de cada tocón de árbol, para luego estimar su biomasa y consecuentemente el carbono acumulado.

e. Carbono en la biomasa arbustiva y herbácea

Se estimó por un muestreo directo en dos cuadrantes de 1 m x 1 m, distribuidas al azar dentro de las parcelas de 4 m x 25 m. “Se corto toda la vegetación al nivel del suelo, registrando el peso fresco total por m²; de esta se colecto una muestra”, se tomo el peso fresco, este se envolvió en un sobre de papel para ser colocas en estufa a 75 °C por un periodo hasta lograr un peso seco constante. Finalmente, este peso se infiere a Kg/Ha, para luego ser multiplicado por 0,45 (constante de valor de C), para conocer el C presente en la biomasa.

f. Carbono en la hojarasca

Se evaluó la capa de hojarasca, las ramas y ramillas secas en cuadrantes de 0,5 m x 0,5 m distribuidos en el interior de los cuadrantes de 1m x 1m. Se realizo el pesado de la muestrea multiplicado por la constante 0,25 m², luego se sacó una muestra, este se este se envolvió en un sobre de papel para ser colocas en estufa a 75 °C por un periodo hasta lograr un peso seco constante. Finalmente, este peso se infiere a Kg/Ha, para luego ser multiplicado por 0,45 (constante de valor de C), para conocer el C presente en la biomasa.

g. Carbono en el suelo

La toma de muestra de suelo se realizó en el cuadrante señalado para el muestreo de biomasa de hojarasca que tiene un área de 0,25 m², a una profundidad de 10 cm., para ser llevada a laboratorio y determinar el contenido de materia orgánica a través del método de “Walkley y Black”, además de determinar su densidad aparente.

CAPÍTULO III

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. Resultados

3.1.1. Carbono acumulado en la biomasa de árboles parados vivos y muertos

Tabla 4.

Análisis de varianza para carbono acumulado en la biomasa de árboles en pie, vivos y muertos, expresado en Kg.ha⁻¹

| F de variación | G. L. | S. C. | C. M. | F. C. | Signif. |
|---------------------|-------|------------|--------------|--------|-------------|
| Bloques | 3 | 2 344 320 | 781 440 | 0.5089 | N.S. |
| Tratamientos | 4 | 35 824 768 | 8 956 192 | 5.8325 | ** |
| Error | 12 | 8 426 752 | 1 535 562.63 | | |
| TOTAL | 19 | 56 595 840 | 11 273 195 | | |

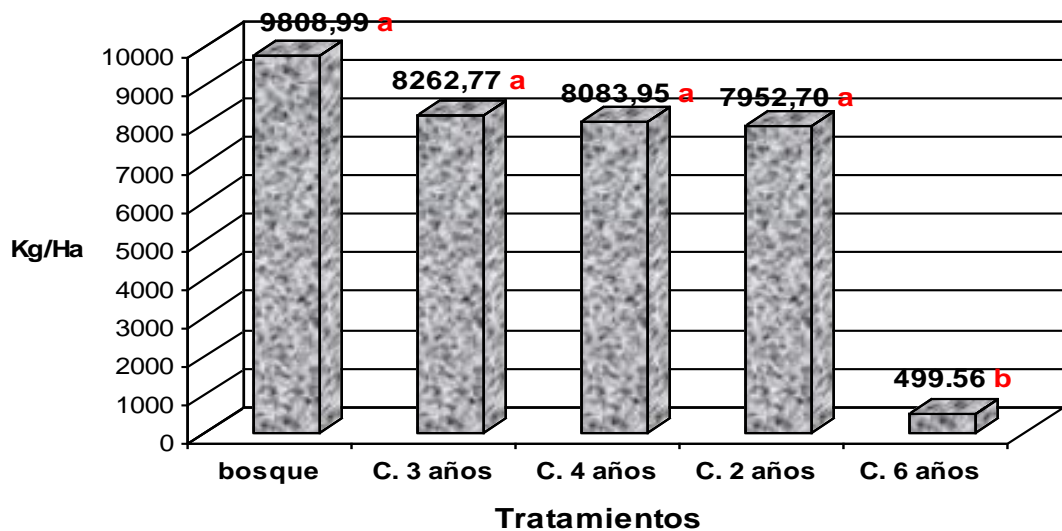
N.S. : No significativo

** : Altamente significativo

R² = 67,44 %

C.V. = 15,66 %

x = 7 912,38



Promedios signados con letras distintas son distintos estadísticamente

Figura 1: Prueba de Duncan para el carbono acumulado en la biomasa de los árboles en pie, vivos y muertos en Kg.ha⁻¹

3.1.2. Carbono acumulado en los árboles caídos muertos

Tabla 5.

Análisis de varianza para carbono acumulado en la biomasa árboles caídos muertos en Kg.ha⁻¹

| F de variación | G. L. | S. C. | C. M. | F. C. | Signif. |
|---------------------|-------|-------------|------------|-------|-------------|
| Bloques | 3 | 971 008 | 323 669.34 | 0.16 | N.S. |
| Tratamientos | 4 | 179 811 584 | 44 952 896 | 22.37 | ** |
| Error | 12 | 24 129 024 | 2 010 752 | | |
| TOTAL | 19 | 204 911 616 | 47 287 316 | | |

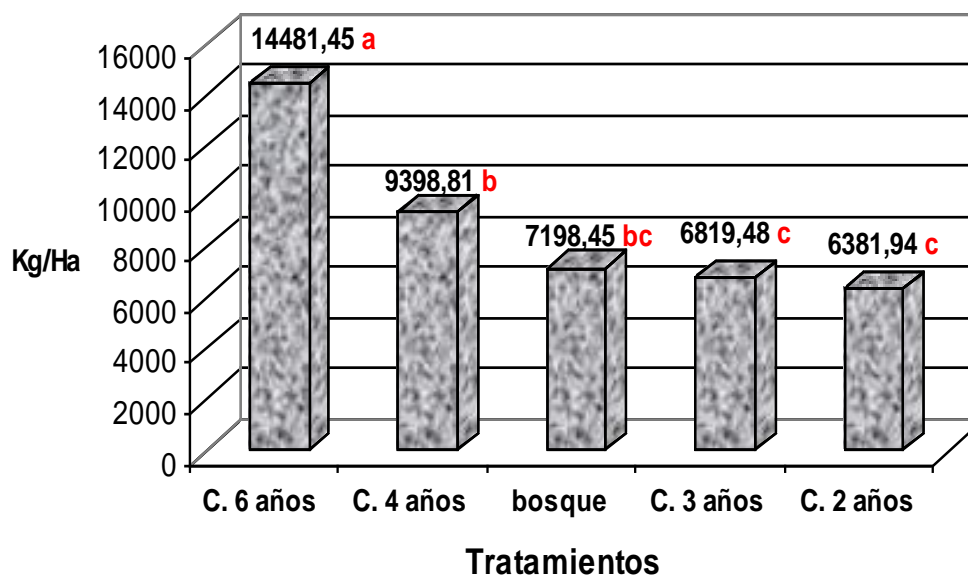
N.S. : No significativo

** : Altamente significativo

R² = 88.2 %

C.V. = 16.01 %

x = 8 855.43



Promedios signados con letras distintas son distintos estadísticamente

Figura 2: Prueba de Duncan para el carbono acumulado en los árboles caídos muertos en Kg.ha⁻¹

3.1.3. Carbono acumulado en los tocones

Tabla 6.

Análisis de varianza para carbono acumulado en los tocones vivos y muertos en Kg.ha⁻¹

| F de variación | G. L. | S. C. | C. M. | F. C. | Signif. |
|---------------------|-------|-------------|--------------|-------|-------------|
| Bloques | 3 | 10 287 808 | 3 429 269.25 | 1.25 | N.S. |
| Tratamientos | 4 | 323 336 832 | 80 834 208 | 29.53 | ** |
| Error | 12 | 32 845 248 | 2 737 104 | | |
| TOTAL | 19 | 366 469 888 | 87 000 584 | | |

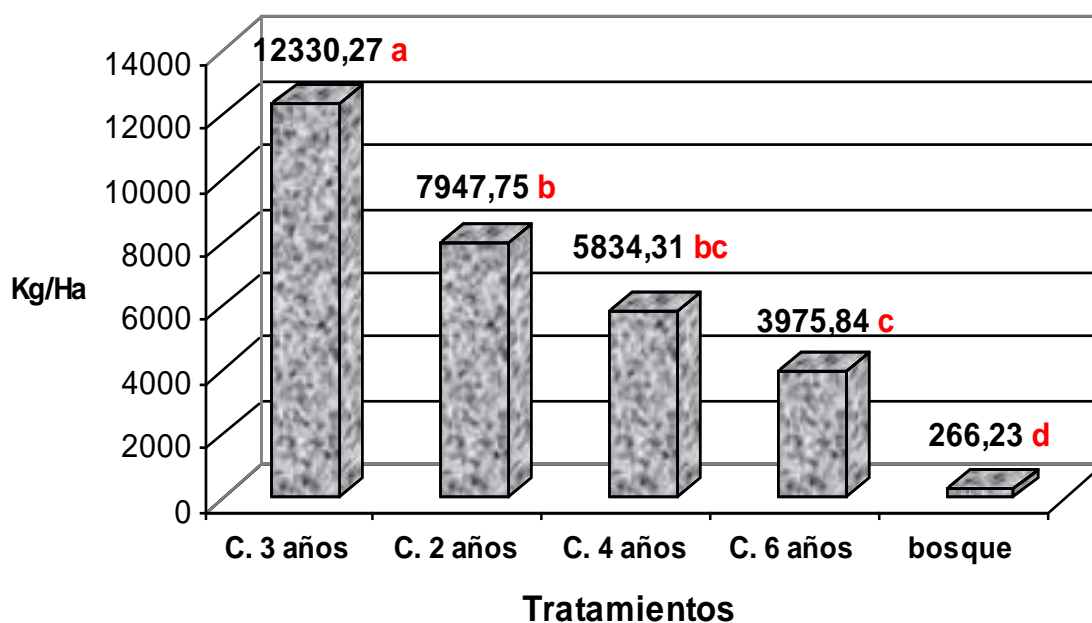
N.S. : No significativo

** : Altamente significativo

R² = 91.04 %

C.V. = 27.3%

x = 6 070.48



Promedios signados con letras distintas son distintos estadísticamente

Figura 3: Prueba de Duncan para el Carbono acumulado en los tocones en Kg.ha⁻¹

3.1.4. Carbono acumulado en la biomasa arbustiva y herbácea

Tabla 7.

Análisis de varianza para carbono acumulado en la biomasa arbustiva y herbácea en Kg.ha⁻¹

| F de variación | G. L. | S. C. | C. M. | F. C. | Signif. |
|---------------------|-------|------------|------------|-------|-------------|
| Bloques | 3 | 166 544 | 55 514.67 | 0.41 | N.S. |
| Tratamientos | 4 | 21 484 624 | 5 371 156 | 39.54 | ** |
| Error | 12 | 1 630 096 | 135 841.33 | | |
| TOTAL | 19 | 23 281 264 | 5 562 512 | | |

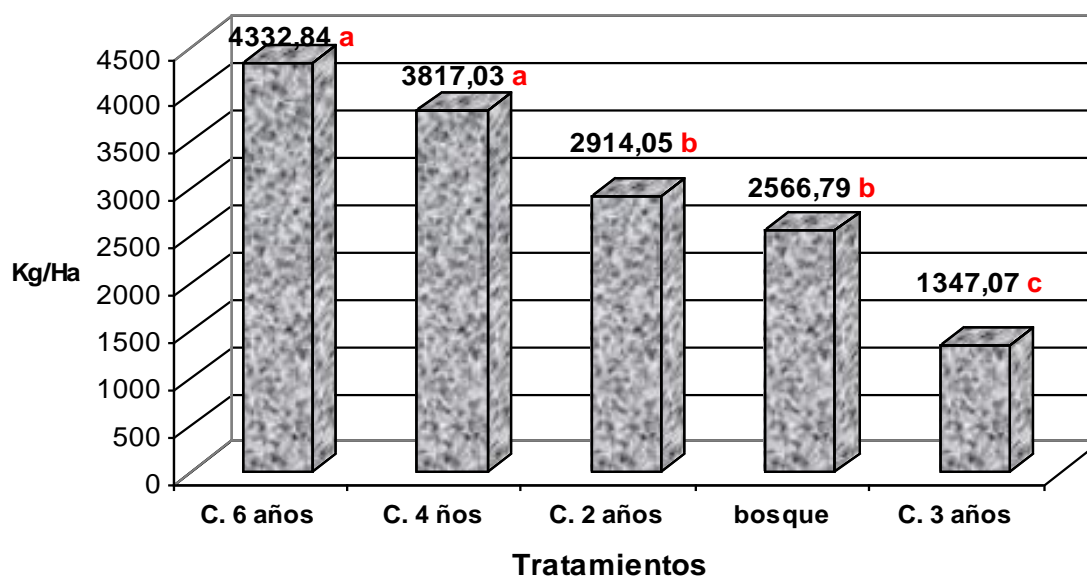
N.S. : No significativo

** : Altamente significativo

R² = 93.0 %

C.V. = 12.30 %

x = 2 925.56



Promedios signados con letras distintas son distintos estadísticamente

Figura 4: Prueba de Duncan para el carbono acumulado en la biomasa arbustiva y herbácea en Kg.ha⁻¹

3.1.5. Carbono acumulado en la hojarasca

Tabla 8.

Análisis de varianza para carbono acumulado en la hojarasca en Kg.ha⁻¹

| F de variación | G. L. | S. C. | C. M. | F. C. | Signif. |
|---------------------|-------|-------------|--------------|-------|-------------|
| Bloques | 3 | 106 488.0 | 35 496.0 | 0.61 | N.S. |
| Tratamientos | 4 | 6 360 248.0 | 1 590 062.0 | 27.51 | ** |
| Error | 12 | 693 476.0 | 57 789.67 | | |
| TOTAL | 19 | 7 160 212.0 | 1 689 347.63 | | |

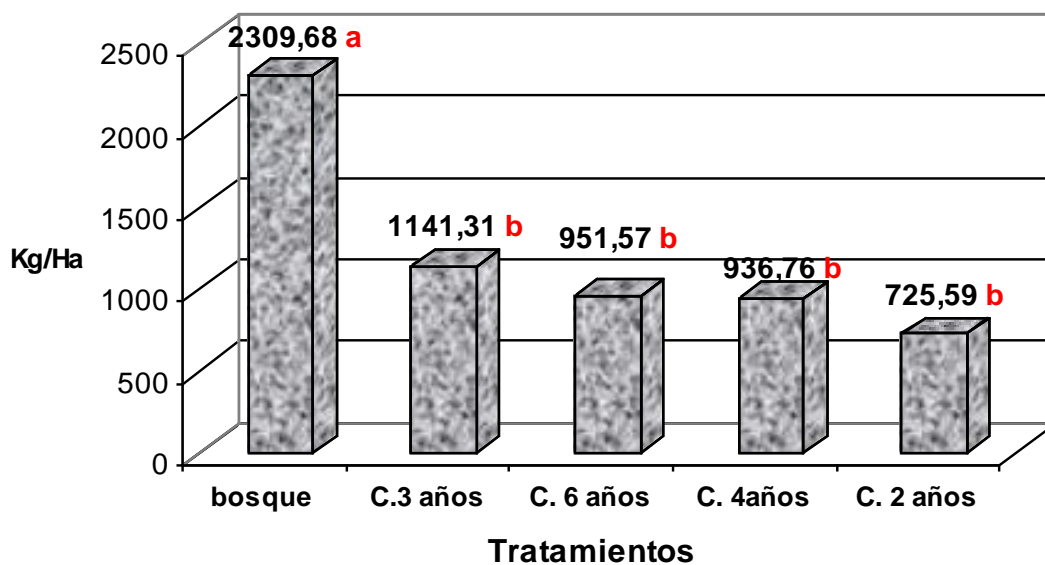
N.S. : No significativo

** : Altamente significativo

R² = 90.31 %

C.V. = 19.82 %

x = 1 212.98



Promedios signados con letras distintas son distintos estadísticamente

Figura 5: Prueba de Duncan para el carbono acumulado en la hojarasca en Kg.ha⁻¹

3.1.6. Carbono acumulado en el suelo

Tabla 9.

Análisis de varianza para carbono acumulado en el suelo en Kg.ha⁻¹

| F de variación | G. L. | S. C. | C. M. | F. C. | Signif. |
|---------------------|-------|---------------|--------------|-------|-------------|
| Bloques | 3 | 880 128.0 | 2 960 042.75 | 0.88 | N.S. |
| Tratamientos | 4 | 108 821 248.0 | 27 205 312.0 | 8.09 | ** |
| Error | 12 | 40 325 376.0 | 3 360 448.0 | | |
| TOTAL | 19 | 158 026 752.0 | 33 525 802.0 | | |

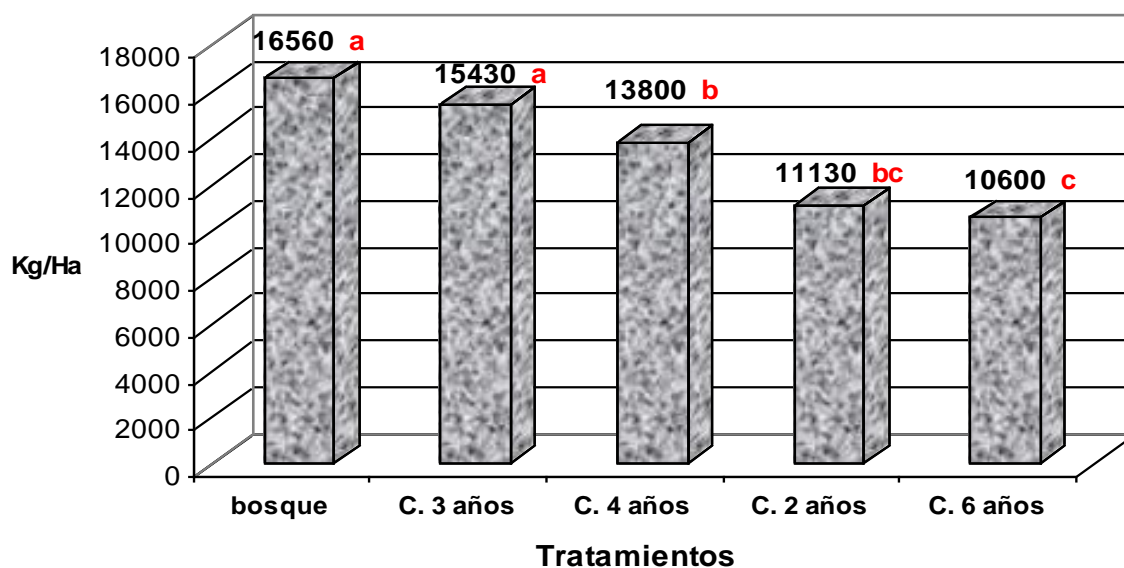
N.S. : No significativo

** : Altamente significativo

R² = 74.48 %

C.V. = 13.57 %

x = 13 504.0



Promedios signados con letras distintas son distintos estadísticamente

Figura 6: Prueba de Duncan para el carbono acumulado en el suelo en Kg.ha⁻¹

3.1.7. Carbono acumulado en los diferentes estratos

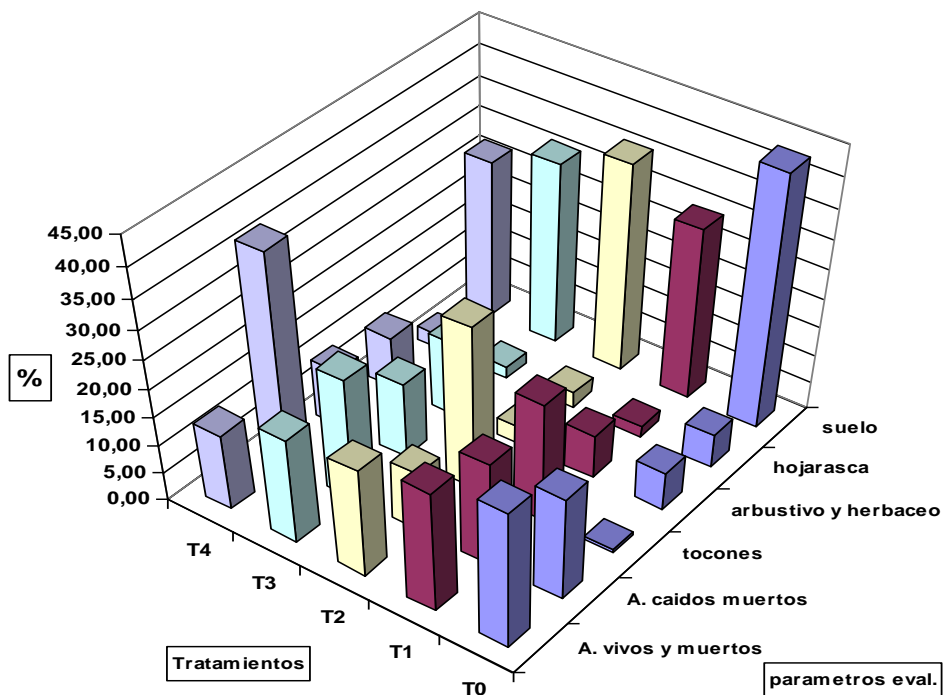


Figura 7: Acumulación porcentual promedio de carbono por tratamiento en los parámetros evaluados en Kg.ha⁻¹

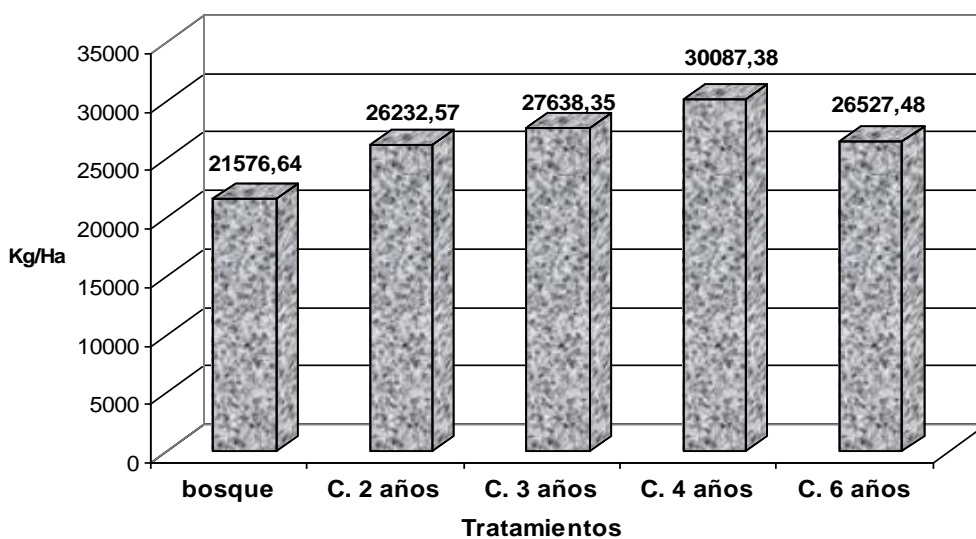


Figura 8: Carbono acumulado en la biomasa aérea en Kg.ha⁻¹

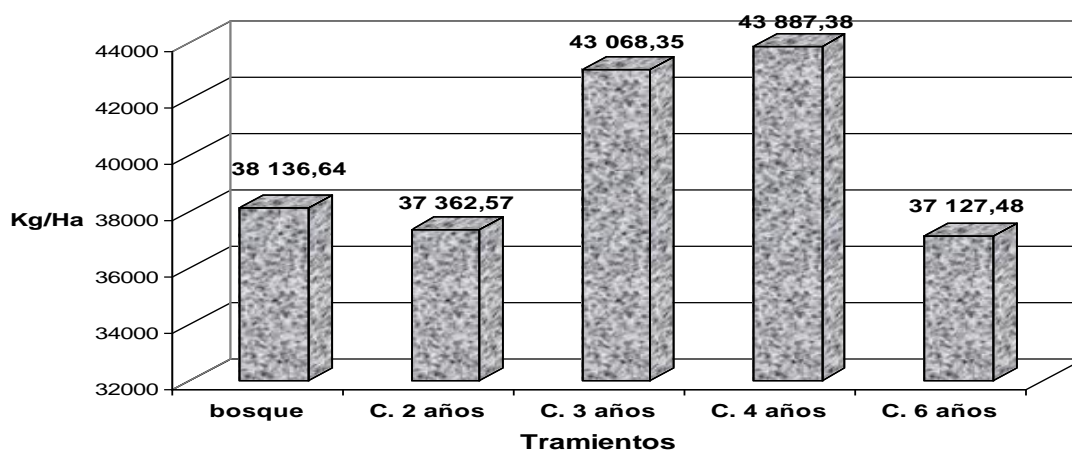


Figura 9: Carbono total acumulado por tratamiento Kg.ha⁻¹

3.2. Discusiones

3.2.1. Carbono acumulado en los árboles en pie, vivos y muertos en Kg.ha⁻¹

La tabla 2 y figura 1, se presenta el análisis de varianza y la prueba de rangos múltiples de Duncan respecto al carbono acumulado en la biomasa de los árboles vivos en pie, más el carbono acumulado en la biomasa de árboles muertos en pie expresado en Kg.ha⁻¹.

El ANOVA, determinó la no significancia estadística para los promedios entre bloques, no obstante, reporta alta significancia estadística para los promedios de los tratamientos; esta significancia estadística se corrobora con la prueba de rangos múltiples de Duncan (figura 1).

Los valores obtenidos para el C.V. con 15,66 % y R² con 67,44 % expresan la variabilidad de la información obtenida en campo y la determinación media entre la variable evaluada y los tratamientos en estudio. Este resultado en el coeficiente de determinación nos demuestra que la toma de muestras respecto a los parámetros evaluados ha incidido de acuerdo a la existencia y no existencia en el área evaluada del parámetro puesto en estudio (árboles parados vivos y muertos – extraídos para usarlos como combustible) repercutiendo grandemente en el momento de realizar este análisis. Nuestro objetivo fue obtener comparaciones precisas entre los tratamientos bajo estudio, en torno a esto, McGraw- Hill (1960), quien manifiesta que utilizar bloques es una forma de reducir y controlar la varianza del error

experimental para tener mayor precisión, ya que en campo se presentan condiciones donde los promedios en la toma de muestras distan demasiado, los cuales afectan el coeficiente de determinación. Caso que se presenta en el siguiente análisis ya que el estudio se determino en campos manejados a diferentes edades y condiciones,

La prueba de Duncan para el respectivo parámetro evaluado (figura 1), donde el T₀ (bosque secundario) obtuvo el mayor promedio de acumulación de carbono con 9 808,99 Kg C.ha⁻¹; el cual reporta una igualdad estadística con los tratamientos T₂ (café de 3 años), con 8 262,77 Kg C.ha⁻¹, T₃ (café de 4 años) con 8 083,95 Kg C.ha⁻¹ y T₁ (café de 2 años) con 7 952,70 Kg C.ha⁻¹. Observándose una alta diferencia numérica y estadística en el T₄ (café de 6 años) con 4 999,56 Kg C.ha⁻¹ que obtuvo el menor promedio de acumulación de carbono frente al resto de tratamientos.

El resultado del mayor aporte de carbono almacenado en la biomasa de los árboles del bosque secundario establecido como testigo (T₀) es contundente debido a la presencia de especies arbóreas de alto contenido volumétrico sin embargo cabe destacar que en las áreas evaluadas la predominancia de especies con diámetros menores de 20 cm. es mayoritaria, debido a la extracción de especies con diámetros considerables para su aprovechamiento y beneficio. La similitud estadística de acuerdo a los demás tratamientos consecuentes al testigo se debe que también en las áreas evaluadas de estos sistemas se encontraba la presencia de árboles de un diámetro superior a los 30 cms. Y consecuentemente al homogenizar las áreas evaluadas los diámetros mayores ejercen una mayor predominancia en los promedios obtenidos para la estimación de la biomasa. No obstante, el resultado observado en la acumulación de carbono en el café de 6 años (T₄) se demuestra debido a la baja presencia de sombra en el sistema, ya que la especie principal (el café) a desarrollado más área foliar y de acuerdo a un manejo agronómico se ha ido realizando eliminación de sombra.

3.2.2. Carbono acumulado en los árboles caídos muertos en Kg.ha⁻¹

La tabla 6 y figura 2, se presenta el análisis de varianza y la prueba de rangos múltiples de Duncan respecto al carbono acumulado en la biomasa de los árboles caídos muertos, expresado en Kg.ha⁻¹.

La alta significancia estadística arrojada en la prueba de f en el ANOVA se corrobora con la prueba de Duncan (figura 2). Los valores obtenidos para el C.V con 16,01 % y R^2 con 88.2 %; corroboran la confiabilidad de la información obtenida en campo y la alta determinación entre la variable evaluada y los tratamientos puestos en estudio.

La prueba de Duncan para el respectivo parámetro evaluado (cuadro 2 del anexo) muestra el nivel de diferencia estadística, donde el T_4 (café de 6 años) supero a los demás tratamientos significativamente; con 14481,45 Kg C.ha⁻¹. Seguido por el T_3 (café de 4 años) con 9395,81 Kg C.ha⁻¹ el cual a su vez presenta una diferencia no significativa con el T_0 (Bosque secundario) con 7198,45 Kg C.ha⁻¹, pero manteniendo diferencia significativa con los demás tratamientos. No obstante el T_0 (Bosque) se relaciona de acuerdo a una diferencia no significativa con el T_1 (café de 2 años) que obtuvo 6819,48 Kg C.ha⁻¹ y el T_2 (café de 3 años) con 6381,94 Kg C.ha⁻¹, los cuales obtuvieron los menores promedios de acumulación de carbono manteniendo una diferencia no significativa entre si.

El resultado significativo de acumulación de carbono obtenido en la biomasa de árboles caídos muertos el café de 6 años (T_4) se debe al raleo posterior de árboles de sombra establecido inicialmente, dado en varias ocasiones por el agricultor; específicamente para ampliar la iluminación con la finalidad de mitigar la excesiva humedad, el cual ejerció un efecto de aumento en el parámetro correspondiente, de esta manera se explica la mayor presencia de troncos, y ramas en el suelo respecto a los demás tratamientos evaluados.

3.2.3. Carbono acumulado en los tocones en Kg.ha⁻¹

La tabla 7 y figura 3, se presenta el ANOVA y la prueba de rangos múltiples de Duncan correspondiente al carbono acumulado en la biomasa de los tocones en Kg.ha⁻¹.

La alta significancia estadística arrojada en la prueba de f en el análisis de varianza, se corrobora con la prueba de Duncan (figura 3). Los valores obtenidos para el C.V. con 27,3 % y R^2 con 91,04 %; corroboran la confiabilidad de la

información obtenida en campo y la alta determinación entre la variable evaluada y los tratamientos en estudio.

La prueba de Duncan para el respectivo parámetro evaluado (cuadro 3 del anexo) muestra el nivel de diferencia estadística, donde el T₂ (café de 3 años) con un promedio de 12330,27 Kg C/Ha supero significativamente a los demás tratamientos en estudio. Seguido por el T₁ (café de 2 años) con 7947,75 Kg C/Ha, el cual a su vez presenta diferencia no significativa estadísticamente con el T₃ (café de 4 años) con un promedio de 5834,31 Kg C/Ha, pero superando al resto de tratamientos. No obstante, el T₃ se relaciona por una diferencia no significativa con el T₄ (café de 6 años) el cual obtuvo un promedio de 3975,84 Kg C/Ha en consecuencia superando al T₀ (bosque secundario) el cual obtuvo el menor promedio de acumulación de carbono con 266,23 Kg C/Ha.

Los resultados observados, donde el café de 3 años supero significativamente al resto de tratamientos en la acumulación de carbono se explican básicamente a la alta presencia de tocones debido al origen inicial del bosque antes de ser raleado, el cual estaba establecido por especies de rápido crecimiento y dispuestos a una alta densidad en el área donde se estableció el sistema de cultivo.

3.2.4. Carbono acumulado en la biomasa arbustiva y herbácea en Kg.ha⁻¹

La Tabla 8 y figura 4, se presenta el análisis de varianza y la prueba de rangos múltiples de Duncan correspondiente al carbono acumulado en la biomasa arbustiva y herbácea expresado en Kg.ha⁻¹.

La alta significancia estadística arrojada en la prueba de f en el análisis de varianza se corrobora con la prueba de Duncan (figura 4). Los valores obtenidos para el C.V. con 12,3 % y R² con 93,0 %; corroboran la confiabilidad de la información obtenida en campo y la alta determinación entre la variable evaluada y los tratamientos en estudio.

La prueba de Duncan para el respectivo parámetro evaluado (figura 4) muestra el nivel de diferencia estadística, donde el T₄ (café de 6 años) y T₃ (café de 4 años) con 4332,84 Kg C/Ha. y 3817,03 Kg C/Ha. respectivamente obtuvieron los mas altos promedios en la cual mantienen una diferencia no significativa, superando

significativamente al resto de tratamientos. Seguido por el T₁ (café de 2 años) con 2914,05 Kg C/Ha. y T₀ (Bosque secundario) con 2566,79 Kg C/Ha. que también mantienen una diferencia no significativa y por consiguiente los cuales superan significativamente al T₂ (café de 3 años) con 1347,07 Kg C/Ha el cual obtuvo el promedio mas bajo de acumulación de carbono.

La mayor acumulación de carbono en el café de 6 años (T₄) se debió a que en el tiempo y debido al manejo, el cultivo de café se encontraba muy bien desarrollado, pues en este sistema, el mayor porcentaje de aporte para el parámetro respectivo corresponde a la biomasa del café. No obstante, también se encontró amplia presencia de malezas debido a que el sistema había perdido mucho más de la cobertura de sombra establecida originalmente. Existen otros factores que pueden alterara la estimación de este parámetro; como es el caso de del desmalezado total del sistema de cultivo.

3.2.5. Carbono acumulado en la hojarasca en Kg.ha⁻¹

La tabla 9 y figura 5, se presenta el ANOVA y la prueba de rangos múltiples de Duncan correspondiente al carbono acumulado en la hojarasca, expresado en Kg.ha⁻¹.

La alta significancia estadística arrojada en la prueba de f en el análisis de varianza se corrobora con la prueba de Duncan (figura 5). Los valores obtenidos para el C.V. con 19,82 % y R² con 90,31 %; corroboran la confiabilidad de la información obtenida en campo y la alta determinación entre la variable evaluada y los tratamientos en estudio.

La prueba de Duncan para el respetivo parámetro evaluado (cuadro 5 del anexo) muestra el nivel de diferencia estadística, donde el T₀ (Bosque secundario) obtuvo un promedio de 2309,68 Kg C/Ha, superando al resto de tratamientos por una diferencia significativa. Seguido por por el T₂ (café de 3 años) con 1141,31 Kg C/Ha, T₄ (café de 6 años) con 951,57 Kg C/Ha, T₃ (café de 4 años) con 936.76 Kg C/Ha y T₁ (café de 2 años) con 725,59 Kg C/Ha. Los cuales presentan una relación no significativa estadísticamente, no obstante, el menor promedio obtenido en la

acumulación de carbono, como se observa fue del T₁ en el gráfico 6 corrobora estos resultados.

Indiscutiblemente la mayor acumulación de carbono el bosque secundario (T₀), se debe a que este sistema no ha sido altamente alterado y presenta una cobertura aérea muy densa y de amplio follaje el cual esta en constante renovación así mismo esta protege y no permite un amplio desplazamiento de las precipitaciones pluviales, no obstante este sistema se encuentra en un piso superior a los demás sistemas evaluados donde el afloramiento rocoso no ha permitido establecer a los migrantes cultivos de pan llevar y solamente intervienen en ello para la extracción de especies, permitiendo el almacenamiento inminente de hojas, ramas ramillas, etc.

3.2.6. Carbono acumulado en el suelo en Kg.ha⁻¹

La tabla 10 y figura 6, se presenta el análisis de varianza y la prueba de Duncan correspondiente al carbono acumulado en el suelo a una profundidad de 10 cm, expresado en Kg.ha⁻¹.

La alta significancia estadística arrojada en la prueba de f en el análisis de varianza, se corrobora con la prueba de Duncan (figura 6). Los valores obtenidos para el C.V. con 13,57 % y R² con 74,48 %, corroboran la confiabilidad de la información obtenida en campo y la alta determinación entre la variable evaluada y los tratamientos en estudio.

La prueba de Duncan para el respectivo parámetro evaluado (cuadro 6 del anexo) muestra el nivel de diferencia estadística, donde el T₀ (Bosque secundario) y T₂ (café de 3 años) con promedios de 16560 Kg C/Ha. y 15430 Kg C/Ha. respectivamente obtuvieron los promedios más altos superando estadística y numéricamente a los demás tratamientos en estudio, pero los cuales asu vez mantienen una diferencia no significativa estadísticamente. Por consiguiente, el T₃ (café de 4 años) con 13800 Kg C/Ha se relaciona por una diferencia no significativa con el T₁ (café de 2 años) que presenta un promedio de 11130 Kg C/Ha., pero supera significativamente al T₄ (café de 6 años) que obtuvo un promedio de 10600 Kg C/Ha, no obstante, el T₁ también se relaciona por una

diferencia no significativa con el T₄ que obtuvo que presentó el promedio más bajo de acumulación de carbono en el suelo.

La mayor acumulación de carbono en el suelo del bosque secundario (T₀) se explica debido a la mayor incorporación de la materia orgánica reportada en el análisis de suelo del sistema, degradada de las reservas de biomasa almacenadas en la superficie del suelo por acción de factores físicos, químicos y biológicos favorables para este proceso, así mismo la similitud estadística respecto al resultado obtenido por el café de 3 años posiblemente se deba a que este sistema se encontraba en la parte más baja y con una pendiente moderada donde la materia orgánica degradada de la superficie del suelo de zonas más altas pudo ser incorporada sin que esta área sufra mayor lixiviación al de los demás sistemas que presentaban pendientes superiores a este. Sin embargo, la menor reserva de carbono no solo se puede explicar debido a factores de pendiente si no también debido a la cobertura de sombra, establecida en el café de 6 años el cual también reportó la menor acumulación de carbono en el suelo.

3.2.7. Carbono acumulado en los diferentes estratos

En la figura 7 de los resultados se puede observar la acumulación porcentual promedio de carbono acumulado en cada parámetro evaluado correspondiente en cada tratamiento, donde se puede observar con detalle el mayor aporte del carbono acumulado en el suelo, con respecto al resto de parámetros evaluados. No obstante, la mayor acumulación de este carbono se obtuvo en el bosque secundario (T₀) que representa el 43,42 % del total de carbono acumulado en el sistema, correspondientemente el café de 6 años (T₄) obtuvo el menor aporte de acumulación con 27,31 %. Así mismo, Robert (2002), indica que el carbono almacenado en los suelos forestales representa el 36 % a más, del total del carbono del suelo a un metro de profundidad. Así mismo, Porta (2003), también indica que por lo general muchos suelos tienen gran capacidad de secuestro de carbono.

El aporte de carbono acumulado en la hojarasca representó un 6,06 % como máximo y 1,94 % como mínimo, obtenidos por el bosque secundario (T₀) y el café de 2 años (T₁) respectivamente. Consecuentemente el carbono acumulado en el estrato arbustivo y herbáceo representó un 13,29 % como máximo, obtenido por el

café de 4 años (T_3) y un 6,72 % como mínimo obtenido por el bosque secundario (T_0). De esta manera también el aporte de carbono en los tocones represento un 28,63 % como máximo, obtenido en el café de 3 años (T_2) y un 0,67 % como mínimo, obtenido en el bosque secundario (T_0). No obstante, el aporte dado por los árboles caídos muertos, represento obtuvo el mayor porcentaje en el café de 6 años (T_4) con un 37,31 % y un mínimo en el café de 3 años (T_2), con 10,58 %; finalmente el aporte dado por árboles parados vivos y árboles parados muertos, tuvo como máximo un 24,29 % obtenido por el bosque secundario (T_0) y un mínimo de 13,52 % obtenido en el café de 6 años (T_4).

En el grafico 8 de los resultados se presenta el carbono acumulado aportado por la biomasa aérea en los diferentes tratamientos puestos en estudio, donde se observa claramente las diferencias numéricas de acumulación en Kg. de carbono por Ha., obteniendo el Café de 4 años (T_3) el mayor aporte de biomasa, con 30087,38 Kg.ha⁻¹, seguido por el café de 3 años (T_2), con 27638,35 Kg.ha⁻¹, el café de 6 años (T_4), con 26527,48 Kg.ha⁻¹, el café de 2 años (T_1) con 26 232,57 Kg.ha⁻¹ y el bosque (T_0), con 21576,64 Kg.ha⁻¹ respectivamente.

Este resultado demuestra claramente que la las reservas de carbono aportado por la biomasa aérea en el sistema de cultivo de café bajo sombra de bosque raleado pueden incrementar la acumulación de biomasa, para el aporte de secuestro de carbono, teniendo en cuenta siempre que los bosques raleados puestos en estudio presentaban árboles para sombra de un considerable diámetro. No obstante, podemos decir que durante esta determinación los árboles caídos muertos no extraídos del sistema sustituyen en parte a la biomasa existente originalmente antes de establecerse el sistema de cultivo.

En la figura 9 de los resultados se presenta el carbono acumulado total expresado en Kg.ha⁻¹ donde se observa que los mayores aportes de acumulación se obtuvo en el café de 4 años (T_3) y café de 3 años (T_2) con 43 887,38 Kg.ha⁻¹ y 43068,35 Kg.ha⁻¹ respectivamente, no obstante estos tratamientos superan por una diferencia ampliamente numérica al resto de tratamientos, seguido por el bosque (T_0) con 38136,64 Kg.ha⁻¹, el café de 2 años con 37362,57 Kg.ha⁻¹ y el café de 6 años (T_4) con 37127 Kg.ha⁻¹.

Los resultados mayores de la captura de carbono, obtenidos se explican debido a que en estos sistemas de cultivo y específicamente en el café de 4 años (T₃) la biomasa aérea representó una acumulación considerable al resto de tratamientos, así como también la presencia de una reserva considerable de carbono en el suelo, 31.44 % (cerca al promedio: 33,81 %) obtenido por los tratamientos puestos en estudio.

CONCLUSIONES

- El mayor contenido de carbono acumulado por hectárea se obtuvo en el sistema agroforestal con café de 4 años (T₃) con un total de 43887,38 Kg.ha⁻¹ referente al promedio de los otros tratamientos evaluados.
- La mayor acumulación de carbono respecto a los parámetros evaluados se dio en el suelo de todos los sistemas, representando un promedio porcentual de 33,56 %.
- El aporte de acumulación de carbono, en el total de la biomasa aérea represento valores porcentuales de 56,58 % en el bosque secundario (T₀) y 72,69 % en el café de 6 años (T₄), obteniendo este último mayor acumulación de carbono respecto al resto de tratamientos.

RECOMENDACIONES

- Realizar evaluaciones de captura de carbono en la biomasa aérea de sistemas forestales y agroforestales con café, con más de dos muestreos en cada transepto evaluado, y a una profundidad mayor de 10 cm.
- Tener en cuenta el factor específico de manejo del sistema agroforestal que se desea evaluar, debido a que un sistema en completo abandono y con abundante maleza puede alterar los resultados referentes a los demás sistemas en comparación.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alegre, Arévalo y Palm L. (2000). “*Determinación de las Reservas Totales de Carbono en las Diferentes Sistemas de Uso de la Tierra en Perú*”. Consorcio para el Desarrollo Sostenible de Ucayali (CODESU), Centro Internacional para la Investigación en Agroforestal (CIIA). pp. 6 - 12.
- Arcila P. J. (1985). “*Productividad del cafeto*”. Federación Nacional de Cafetaleros, Centro nacional de investigaciones del café. pp. 65 – 66.
- Arévalo, L. L. A., (2000). “*Los multiestratos: un sistema mixto de producción*”. Centro Internacional para la Investigación en Agroforestería (ICRAF).
- Bazán. R. (1996). “*Manual para el análisis químico de suelos, plantas y aguas*”, Universidad Nacional Agraria la Molina. Pp. 13 – 14.
- Benito J. A. (1996). “*Bases técnicas para el cultivo del café*”, INIA., pp. 3 – 4.
- Castañeda E. (2000). “*El ABC del café*” ‘cultivando calidad’, Perú, pp. 30.
- Cueva A. (1999). “*Sombra poda y fertilización del cafeto*”. Manual técnico – práctico Universidad Nacional de San Martín, Facultad de Ciencias Agrarias, Perú
- Delvin O. M. (1982). “*Fisiología vegetal*”, Ediciones OMEGA, España, pp. 112 – 118.
- Delvin O. M. (1992). “*Fisiología vegetal*”, Ediciones OMEGA, España, pp. 520, 521.
- Dixon (1995). “*Sistemas agroforestales para intensificar de manera sostenible la producción animal en Latinoamérica tropical*”, Dirección de producción y sanidad animal, FAO, Roma.
- Figueroa R. (1988). “*Guía para la caficultura ecológica*”. Edición Novella. Perú, p 90.
- Flores P. A. (2001). “*Valoración económica de la diversidad biológica y de los bienes y servicios ambientales del paisaje cafetero peruano*”. Universidad de los Andes, Facultad de Economía. Colombia. Pagina electrónica [www. Fineprint.com](http://www.fineprint.com).
- Greenberg R. y Rice R. (2000). “*Resumen de las características del cultivo de café con sombra en el Centro de Aves migratorias del Smithsonian Institution (SMBC)*”, Publicación Electrónica. [www. SMBC. org](http://www.smbc.org).
- Jiménez G. (2001). “*Servicios ambientales y captura de carbono en Chiapas, México*”. Página electrónica. WWW. Ambio.com.mx
- Porta J, López A. y Roquero C. (2003). “*Edafología para la agricultura y el medio ambiente*”, Edit. SCH. Tercera edición, p. 206.
- León J. (1987). “*Botánica de cultivos tropicales*”. Edit. IICA. Costa Rica, pp. 194 – 199.

- Loguercio G. A. (2000). *“El rol de los bosques como sumidero de carbono”*. Secretaria académica del CIEFAP. Publicación electrónica.
- Lohmann L. (2002). *“El mercado del carbono, sembrando más problemas”*, Movimiento mundial por los bosques tropicales. Montevideo – Uruguay. pp. 16 - 18.
- López W (1994). *“Sistema agrario de producción”*. Manual para el desarrollo sostenible de la selva del Perú pp. 47.
- McGraw- Hill (1960). *Principios y procedimientos de estadística con especial referencia en las ciencias biológicas*, Nueva York, pp. 187, 287. wikipedia.org
- Marliak P. (1980). *“Fisiología vegetal, Nutrición y metabolismo”*, Ediciones OMEGA, España pp. 102 – 112.
- Maisonnave R. (1997). *“El efecto Invernadero y el Clima”*, Conferencia realizada para la Academia Nacional de Ingeniería el día 28 de Octubre 1997 en el Salón de Actos del Ministerio de Educación y Cultura. La Hoville Blanche – N° 1/90: N° 6/90. pp. 17 - 19.
- Moya R. (1998). *“Caso de estudios sobre los bosques de Costa Rica”*, segunda parte, informe sobre las Naciones Unidas para el Medio Ambiente y el Desarrollo, programa 21.
- Ortis R. (1999). *“Crisis del medio ambiente global”*. Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Seminario taller de medio ambiente, pp 47 - 49.
- Orrego S A. y Del Valle J, (2000). *“Existencia y tasa de incremento neto de la biomasa en bosques primarios y secundarios de Colombia”*, UNEP. Revista, Industry and Environment. Publicación del programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente, PNUMA IMA.
- Robert M. (2002). *“Captura de carbono en los suelos para un mejor manejo de la tierra”*. Institut national de recherche agronomique. París, Francia. www. Fao.org
- Shlatter J E. y Gerding V. (1999). *“Balance de carbono en suelos arenosos con plantaciones de Pinus radiata en Chile central”*. Universidad Austral de Chile.

LINKOGRAFIA

www.agroandino.com/mailto, Captura de carbono en césped en América del norte, info@agroandino.com. Página electrónica gratuita.

ANEXOS

Anexo 1: Los carbonos acumulados en biomasa de árboles vivos

Cuadro 1. Carbono acumulado en la biomasa de Árboles Parados Vivos, Expresado en $K.ha^{-1}$

| Bloques | Tratamientos | | | | |
|---------|--------------|----------|-----------|----------|----------|
| | T0 | T1 | T2 | T3 | T4 |
| 1 | 10 761.57 | 6 340.96 | 6 113.30 | 5 939.40 | 4 387.25 |
| 2 | 7 840.27 | 6 467.79 | 7 190.30 | 8 447.59 | 4 809.04 |
| 3 | 8 732.65 | 8 521.16 | 10 778.33 | 7 802.35 | 3 361.04 |
| 4 | 7 303.85 | 6 180.18 | 8 220.18 | 9 210.08 | 5 618.35 |

Cuadro 2. Carbono acumulado en la biomasa de Árboles Parados Muertos, expresado en $K.ha^{-1}$.

| Bloques | Tratamientos | | | | |
|---------|--------------|----------|--------|--------|----------|
| | T0 | T1 | T2 | T3 | T4 |
| 1 | N | N | 749.11 | 936.39 | 1 217.31 |
| 2 | 1 651.21 | 1571.80 | N | N | N |
| 3 | N | N | N | N | 1 605.24 |
| 4 | 762.49 | 2 728.91 | N | N | N |

N: no existe

Cuadro 3. Carbono acumulado en la biomasa de Árboles Parados Vivos, más Árboles Parados Muertos. Expresado en $K.ha^{-1}$

| Bloques | Tratamientos | | | | |
|---------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| | T ₀ | T ₁ | T ₂ | T ₃ | T ₄ |
| 1 | 10 761.54 | 6 340.96 | 6 862.41 | 6 875.79 | 5 604.26 |
| 2 | 9 491.48 | 8 039.59 | 7 190.15 | 8 447.59 | 4 809.04 |
| 3 | 8 732.65 | 8 521.16 | 10 778.33 | 7 802.35 | 4 966.28 |
| 4 | 8 066.34 | 8 909.09 | 8 220.18 | 9 210.08 | 5 618.35 |

Cuadro 4. Carbono acumulado en la biomasa de los árboles Caídos Muertos. Expresado en $K.ha^{-1}$

| Bloques | Tratamientos | | | | |
|---------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| | T ₀ | T ₁ | T ₂ | T ₃ | T ₄ |
| 1 | 5 991.59 | 8 009.51 | 8 101.44 | 10 299.82 | 12 874.13 |
| 2 | 6 000.97 | 6 749.42 | 6 961.57 | 9 744.60 | 13 495.99 |
| 3 | 8 511.86 | 7 376.80 | 5 322.58 | 8 489.40 | 15 751.40 |
| 4 | 8 289.36 | 5 142.18 | 5 142.18 | 9 049.42 | 15 804.26 |

Cuadro 5. Carbono acumulado en la biomasa de los tocones, expresado en $K.ha^{-1}$

| Bloques | Tratamientos | | | | |
|---------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| | T ₀ | T ₁ | T ₂ | T ₃ | T ₄ |
| 1 | 142.84 | 9 547.70 | 8 087.44 | 3 962.50 | 3 395.49 |
| 2 | 284.22 | 7 293.02 | 12 438.64 | 5 824.41 | 3 144.26 |
| 3 | 281.17 | 8 289.05 | 13 827.24 | 6 178.84 | 3 984.75 |
| 4 | 356.67 | 6 153.25 | 14 967.74 | 7 371.47 | 5 378.88 |

Cuadro 6. Carbono acumulado en la biomasa del estrato arbustivo y herbáceo, expresado en $K.ha^{-1}$

| Bloques | Tratamientos | | | | |
|---------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| | T ₀ | T ₁ | T ₂ | T ₃ | T ₄ |
| 1 | 2 169.00 | 2 966.38 | 1 841.27 | 3 513.94 | 5 003.74 |
| 2 | 3 154.65 | 2 879.03 | 1 472.46 | 3 932.27 | 3 909.75 |
| 3 | 2 530.21 | 2 935.81 | 1 019.29 | 3 868.67 | 4 272.99 |
| 4 | 2 403.32 | 2 874.97 | 1 055.25 | 3 953.26 | 4 144.89 |

Cuadro 7. Carbono acumulado en la biomasa de la hojarasca, expresado en $K.ha^{-1}$

| Bloques | Tratamientos | | | | |
|---------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| | T ₀ | T ₁ | T ₂ | T ₃ | T ₄ |
| 1 | 1 983.17 | 625.60 | 901.71 | 1 000.37 | 944.23 |
| 2 | 2 847.67 | 743.59 | 904.99 | 958.71 | 967.33 |
| 3 | 2 328.20 | 787.84 | 1 161.00 | 891.24 | 1 001.02 |
| 4 | 2 079.66 | 745.33 | 1 597.54 | 896.70 | 893.70 |

Cuadro 8. Carbono acumulado en el suelo, expresado en $K.ha^{-1}$

| Bloques | Tratamientos | | | | |
|---------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| | T ₀ | T ₁ | T ₂ | T ₃ | T ₄ |
| 1 | 15 600 | 11 760 | 14 360 | 12 640 | 9 760 |
| 2 | 19 040 | 12 720 | 18 240 | 11 120 | 11 200 |
| 3 | 16 320 | 9 800 | 14 080 | 17 520 | 11 200 |
| 4 | 15 280 | 10 240 | 15 040 | 13 920 | 10 240 |

Cuadro 9. Carbono total en la biomasa aérea, expresado en K.ha⁻¹

| Bloques | Tratamientos | | | | |
|---------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| | T ₀ | T ₁ | T ₂ | T ₃ | T ₄ |
| 1 | 21 048.14 | 27 490.15 | 18 494.27 | 26 100.98 | 27 821.85 |
| 2 | 21 778.99 | 25 704.65 | 28 967.81 | 30 799.72 | 26 326.37 |
| 3 | 22 384.09 | 27 910.66 | 32 108.44 | 29 549.67 | 29 976.44 |
| 4 | 21 095.35 | 23 824.82 | 30 982.89 | 33 899.14 | 21 985.24 |

Cuadro 10. Carbono total acumulado en el sistema productivo

| Bloques | Tratamientos | | | | |
|---------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| | T ₀ | T ₁ | T ₂ | T ₃ | T ₄ |
| 1 | 36 648.14 | 39 250.15 | 32 854.27 | 38 740.98 | 37 581.85 |
| 2 | 40 818.99 | 38 424.65 | 47 207.81 | 41 919.72 | 37 526.37 |
| 3 | 38 704.09 | 37 710.66 | 46 188.44 | 47 069.67 | 41 176.44 |
| 4 | 36 375.35 | 34 064.82 | 46 022.89 | 47 819.14 | 32 225.24 |

Cuadro 11. Porcentaje promedio de carbono por tratamiento respecto a cada variable evaluada.

| Trats | % de vivos y muertos | % de caídos muertos | % de tocones | % de arbustivo y herbáceo | %de hojarasca | % del suelo | biomasa total |
|-----------|----------------------|---------------------|--------------|---------------------------|---------------|--------------|---------------|
| T0 | 24.29 | 18.88 | 0.63 | 6.72 | 6.06 | 43.42 | 56.58 |
| T1 | 21.29 | 18.25 | 20.93 | 7.80 | 1.94 | 29.79 | 70.21 |
| T2 | 19.19 | 10.58 | 28.63 | 3.13 | 2.65 | 35.83 | 64.17 |
| T3 | 18.42 | 21.41 | 13.29 | 13.29 | 2.13 | 31.44 | 68.56 |
| T4 | 13.52 | 37.31 | 10.18 | 9.23 | 2.45 | 27.31 | 72.69 |

Anexo 2: Especies de árboles parados vivos y muertos, presentes en las áreas de evaluación.

I. Bosque secundario.

| Nombre Común | Nombre científico | Familia |
|----------------------|-----------------------------------|-----------------|
| 1. Ocuera | no identificado | |
| 2. Cumala blanca | <i>Virola surinamensis</i> | Myristicaceae |
| 3. Huarmi huarmi | <i>Schefflera morototoni</i> | Araliaceae |
| 4. Rupiña | <i>Miconia sp.</i> | Melastomataceae |
| 5. Shimbillo | <i>Inga sp.</i> | Mimosaceae |
| 6. Moena blanca | <i>Nectandra sp.</i> | Lauraceae |
| 7. Copal | <i>Protium glaucum</i> | Burseraceae |
| 8. Cumala colorada | <i>Virola sevigera</i> | Myristecaceae |
| 9. Moena amarilla | <i>Aniba amazonica</i> | Lauraceae |
| 10. Requia | <i>Guarda guinia</i> | Meliaceae |
| 11. Saponá | No identificado | |
| 12. Barbasco caspi | No identificado | |
| 13. Carahuasca negra | <i>Gutteria clata diles</i> | Annonaceae |
| 14. Pretina caspi | No identificado | |
| 15. Bachuja | <i>Schinopsis peruviana</i> | Anacardiaceae |
| 16. Indano sacha | <i>Byrsonima sp.</i> | Malpighiaceae |
| 17. Tornillo caspi | <i>Cedrelinga catanaeformis</i> | Mimosaceae |
| 18. Pona | <i>Iriarteá sp.</i> | Palmaceae |
| 19. Llaja | No identificado | |
| 20. Quina quina | <i>Zschokkea sp.</i> | Apocynaceae |
| 21. Leche caspi | <i>Couma utilis muell</i> | Apocynaceae |
| 22. Naranjilla | No identificado | |
| 23. Mullaquilla | No identificado | |
| 24. Shamoja | <i>Macroenemun roseum</i> | Rubiaceae |
| 25. Catahua | <i>Hura crepitans</i> | Euphorbiaceae |
| 26. Almendro | <i>Caryocar amigdaliforme</i> | Caryocaraceae |
| 27. Machimango | <i>Cariniana multiflora ducke</i> | Lecythidaceae |
| 28. Yanavara | <i>Pollalesta discolor</i> | Asteraceae |
| 29. Fapina | <i>Cupania cinerea</i> | Sapindaceae |
| 30. Shamboquiro | <i>Bixa platycarpa</i> | Bixaceae |
| 31. Sierra pashaca | <i>Parkinsonia sp.</i> | Caesalpinaceae |
| 32. Nina caspi | <i>Swartzia simplex</i> | Fabaceae |
| 33. Sacha ishanga | <i>Myriocarea spitata</i> | Urticaceae |
| 34. Shaina | <i>Columbrina glandulosa P</i> | Rhamnaceae |
| 35. Tangarana | <i>Triplaris amercan</i> | Poligonaceae |
| 36. Pinsha caspi | <i>Aspidosperma macrocarpon</i> | Apocynaceae |
| 37. Mullaca | No identificado | |

II. Café de dos años.

| Nombre Común | Nombre científico | Familia |
|---------------------|--------------------------------|-----------------|
| 1. Shaina | <i>Columbrina glandulosa</i> | Rhamnaceae |
| 2. Mullaquilla | No identificado | |
| 3. Cedro Mocoa | <i>Cederla sp.</i> | Meliaceae |
| 4. Lupuna blanca | <i>Chorisia insignis</i> | Bonbacaceae |
| 5. Caimitillo | <i>Lucuma sp.</i> | Sapotaceae |
| 6. Hualaja | <i>Zanthoxylum juniperinum</i> | Rutaceae |
| 7. Rupiña | <i>Miconia sp.</i> | Melastomataceae |
| 8. Tangarana | <i>Triplaris american</i> | Poligonaceae |
| 9. Punga | <i>Bonbacopsis nervosa</i> | Bonbacaceae |
| 10. Mandarina | <i>Citrus reticulata.</i> | Rutaceae |
| 11. Mullaca. | No identificado | |

III. Café de tres años.

| Nombre Común | Nombre científico | Familia |
|---------------------|-----------------------------------|----------------|
| 1. Yacu shapana | <i>Terminalia oblonga</i> | Combretaceae |
| 2. Puca pashaca | <i>Cassia multijuga</i> | Caesalpinaceae |
| 3. Nina caspi | <i>Swartzia simples</i> | Fabaceae |
| 4. Renaco blanco | <i>Ficus sp.</i> | Moraceae |
| 5. Naranja | <i>Citrus sinensis sp.</i> | Rutaceae |
| 6. Ishtapi | <i>Schizolobium amazonucum</i> H. | Fabaceae |
| 7. Pashaca | <i>Enterolobium cyclocarpum</i> | Caesalpinaceae |
| 8. Caoba | <i>Swintenia macrophylla</i> | Meliaceae |
| 9. Yanavara | <i>Pollalesta discolor</i> | Asteraceae |
| 10. Huaba | <i>Inga edulis</i> | Mimosaceae |
| 11. Lagarto pashaca | <i>Stryphnodendron guinense</i> | Caesalpinaceae |
| 12. Papaya | <i>Carica pubescens</i> | Bonbacaeae |
| 13. Oje | <i>Ficus anthelmintica</i> | Moraceae |

IV. Café de cuatro años.

| Nombre Común | Nombre científico | Familia |
|---------------------|-------------------------------------|----------------|
| 1. Rosca pacae | <i>Inga sp.</i> | Mimosaceae |
| 2. Ocuera amarilla | No identificado | |
| 3. Shaina | <i>Colmbrina glandulosa</i> Perkins | Rhamnaceae |
| 4. Pucaquiuro | <i>Simiria williamsii</i> stand | Rubiaceae |
| 5. Siamba | <i>Oenocarpus multicaules</i> | Palmaceae |
| 6. Bolaina | <i>Guazuma crinita</i> | Sterculizaceae |
| 7. Yanavara | <i>Pollalesta discolor</i> | Aestareaceae |
| 8. Sierra pashaca | <i>Parkinsonia sp.</i> | Caesalpinaceae |
| 9. Cedro Mocoa | <i>Cederla sp.</i> | Meliaceae |
| 10. Anallo caspi | <i>Cordia aliadora</i> | Boraginaceae |
| 11. Pinsha caspi | <i>Aspidosperma macrocarpon</i> | Apocynaceae |

V. Café de seis años.

| Nombre Común | Nombre científico | Familia |
|---------------------|-----------------------------------|----------------|
| 1. Capirona. | <i>Calycophyllum spruccanum</i> | Rubiaceae |
| 2. Palta | <i>Persea americana</i> | Lauraceae |
| 3. Caimito | <i>Pouteria caimito</i> | Sapotaceae |
| 4. Haba | <i>Inga edulis</i> | Mimosaceae |
| 5. Ishtapi | <i>Schizolobium amazonicum</i> H. | Fabacea |
| 6. Puca pashaca | <i>Cassia multijuga</i> | Caesalpinaceae |
| 7. Leche caspi | <i>Couma utilis muell</i> | Apocynaceae |
| 8. Mandarina | <i>Citrus reticulata</i> | Rutaceae |

Captura de carbono en el cultivo de café bajo sombra de bosque raleado en San Martín

por Segundo Amasifuen

Fecha de entrega: 26-oct-2023 12:02a.m. (UTC-0500)

Identificador de la entrega: 2200744286

Nombre del archivo: Tesis_Final_Segundo_Amasifuen_V_1.doc (826K)

Total de palabras: 13860

Total de caracteres: 69644

Captura de carbono en el cultivo de café bajo sombra de bosque raleado en San Martín

INFORME DE ORIGINALIDAD



FUENTES PRIMARIAS

| | | |
|----------|--|---------------|
| 1 | hdl.handle.net Fuente de Internet | 10% |
| 2 | repositorio.unsm.edu.pe Fuente de Internet | 5% |
| 3 | 1library.co Fuente de Internet | 1% |
| 4 | docslide.us Fuente de Internet | 1% |
| 5 | idoc.pub Fuente de Internet | 1% |
| 6 | www.iufro.org Fuente de Internet | 1% |
| 7 | repositorio.unp.edu.pe Fuente de Internet | 1% |
| 8 | www.natzoo.si.edu Fuente de Internet | <1% |
| 9 | www.concytec.gob.pe Fuente de Internet | |