UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI

FACULTAD DE CIENCIAS FORESTALES Y AMBIENTALES

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL



UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI
09/10/14
BIBLIOTECA CENTRAL
UNU

"ESTIMACIÓN DEL DIÓXIDO DE CARBONO (CO_2) LIBERADO POR QUEMAS EN ECOSISTEMAS DE BOSQUES SECUNDARIOS Y PASTIZALES DURANTE EL PERIODO 2000 – 2009 EN EL DISTRITO DE CAMPO VERDE"

TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE:

INGENIERO AMBIENTAL

AUTOR:

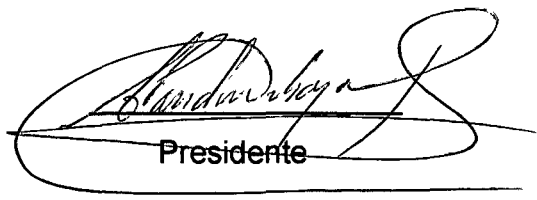
BACH. FRANCK LUIS BARDALES RUIZ

Pucallpa – Perú
2014

ACTA DE APROBACIÓN

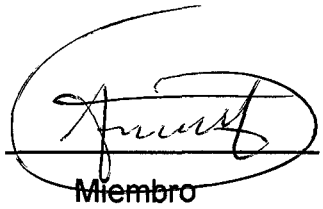
Está tesis fue sometida a consideración para su aprobación ante el Jurado de la Facultad de Ciencias Forestales y Ambientales de la Universidad Nacional de Ucayali Integrada por los siguientes docentes:

Dr. Carlos Panduro Carbajal



Presidente

Ing. Mg. Víctor Augusto Araujo Abanto



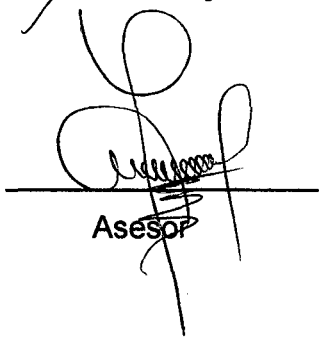
Miembro

Ing. M. Sc. Aparicio Limache Alonzo



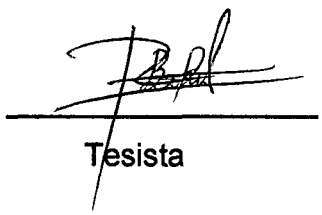
Miembro

Dr. Grober Panduro Pisco



Asesor

Bach. Franck Luis Bardales Ruiz



Tesista

DEDICATORIA

A mí adorado papá Luis que está en el cielo, que sin su esfuerzo y desprendimiento no hubiese podido lograr y alcanzar muchos de mis objetivos, y a mi adorada mamá Rosio, la cual con su inquebrantable voluntad me ha dado todo el apoyo para seguir adelante.

A mis compañeros de estudio, que me han demostrado su solidaridad en los momentos más difíciles de mi vida, y que me acompañan en mi crecimiento profesional.

AGRADECIMIENTO

Expreso mi más sincero agradecimiento a la institución y personas que han contribuido en la ejecución de la presente tesis:

- A la Universidad Nacional de Ucayali por brindarme la oportunidad de desarrollarme profesionalmente, a los docentes de la Facultad de Ciencias Forestales y Ambientales por su esmerada labor y por transmitirme sus enseñanzas y conocimientos en el transcurso de mi formación profesional.

- A mi asesor Ing. Grober Panduro Pisco. M. Sc., por sus consejos y constante orientación en el desarrollo de la presente investigación.

- Al Técnico de Laboratorio de suelos de la Universidad Nacional de Ucayali, señor Juan Huaycama Manihuari, por su constante apoyo en las pruebas de laboratorio que demandaron la presente tesis

- A los propietarios de las parcelas donde se ejecutó el presente proyecto de tesis que permitieron la realización de dicha investigación

- A todas las personas que de una u otra forma aportaron en la realización y ejecución del presente trabajo de tesis.

INDICE GENERAL

	Pág.
ACTA DE APROBACIÓN	ii
DEDICATORIA	iii
AGRADECIMIENTO	iv
INDICE GENERAL	v
INDICE DE CUADROS	viii
INDICE DE FIGURAS	ix
RESUMEN	xi
ABSTRACT	xi
INTRODUCCIÓN	1
I. MARCO TEÓRICO	3
1.1 IDENTIFICACIÓN DEL PROBLEMA	3
1.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	3
1.3 MARCO CONCEPTUAL	4
1.1 EFECTO INVERNADERO	4
1.2 DIÓXIDO DE CARBONO	5
1.2.1 Fuentes de CO_2	6
1.2.2 Sumideros de CO_2	7
1.2.3 Los Bosques como fijadores de carbono	9
1.3 PROTOCOLO DE KIOTO	10
1.4 BIOMASA	11
1.5 CARBONO	12
1.5.1 Carbono de la biomasa de plantas vivas	15
1.5.2 Carbono de la biomasa de plantas muertas	15
1.5.3 Carbono del suelo	16
1.6 QUEMAS	17
1.6.1 Incidencia de la Quema de Bosques en el Cambio Climático	19
II. MATERIALES Y METODOS	22
2.1 DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO	22
2.1.1 Ubicación del área de estudio	22
2.1.1.1 Bosques Secundarios	22
2.1.1.2 Pastizales	27

2.1.2 Condiciones Climáticas 32
2.1.3 Zonas de Vida 37
2.1.4 Fisiografía 37
2.1.5 Accesibilidad 37
2.1.4 Fisiografía 37
2.2 METODOLOGÍA 37
2.2.1 Método de Investigación 37
2.2.2 Población y Muestra 38
2.2.3 Selección de Sitio 38
2.2.4 Componentes Estudiados 39
2.2.4.1 Variables Independientes 39
2.2.4.2 Variables Dependientes 39
2.2.4.3 Hipótesis 39
2.2.5 Análisis Estadísticos 39
2.3 INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS 40
2.3.1 Materiales 40
2.3.2 Equipos 40
2.3.4 Herramientas 40
2.4 PROCEDIMIENTO DE RECOLECCIÓN DE DATOS 41
2.4.1 Evaluación del Carbono Pastizales y Bosques Secundarios 41
2.4.1.1 Carbono en Pastizales (Herbáceo + Suelo) 41
2.4.1.2 Carbono en Bosque Secundario (Biomasa viva+ Necromasa + Suelo) 44
2.4.2 Evaluación del Dióxido de Carbono equivalente en Bosques Secundarios y Pastizales. 49
2.4.3 Área de Bosques Secundarios y Pastizales Perdidas por quemas. 49
III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN 50
3.1 ESTIMACIÓN DEL CARBONO EN BOSQUES SECUNDARIOS 50
3.1.1 Carbono en la Biomasa Viva 54
3.1.2 Carbono en la Necromasa 56
3.1.3 Carbono en el suelo 57
3.2 ESTIMACIÓN DEL CARBONO PASTIZALES 58
3.2.1 Carbono en el Pasto 60
3.2.2 Carbono en el Suelo 61

3.3 ESTIMACIÓN DEL DIÓXIDO CARBONO 63
3.3.1 Dióxido de Carbono en Bosques Secundarios 63
3.3.2 Dióxido de Carbono en Pastizales 65
3.4 HECTÁREAS PERDIDAS POR QUEMA DE BOSQUES Y PASTOS 66
3.5 EMISIONES DE DIÓXIDO DE CARBONO POR AÑO 69
3.5.1 Emisiones de Dióxido de Carbono por año en Bosques Secundarios 69
3.5.2 Emisiones de Dióxido de Carbono por año en Pastizales 70
IV. CONCLUSIONES 71
V. BIBLIOGRAFÍA 72
VI. ANEXOS 79
ANEXO 6.1 Datos de volúmenes de madera, biomasa y carbono en fustales 79
ANEXO 6.2 Datos de biomasa y carbono en latizales 79
ANEXO 6.3 Datos de peso fresco y seco de la Hojarasca 79
ANEXO 6.4 Datos de Densidad Aparente y % de Carbono en el Suelo de Bosques Secundarios 80
ANEXO 6.5 Datos de peso fresco y seco del componente herbáceo 80
ANEXO 6.6 Datos de Densidad Aparente y % de Carbono en el Suelo de Pastizales 80
ANEXO 6.7 Análisis de Medias, Análisis de Varianza con un factor (ANOVA), Prueba de Tukey ($p<0.05$) de Carbono almacenado en la biomasa viva (cada árbol en pie). 81
ANEXO 6.8 Experiencia laboral y certificado de estudios del especialista en inventarios forestales 83
ANEXO 6.9 Matriz de consistencia 85
VII. ICONOGRAFÍA 86
7.1 FASE DE CAMPO 86
7.2 FASE DE LABORATORIO 88

Índice de Cuadros

Cuadro 1 : Cuatro reservorios de carbono de PICC 14

Cuadro 2 : Reservas de Carbono (tC/ha) en la biomasa aérea y del suelo en diferentes SUT en Pucallpa, Perú. 17

Cuadro 3 : Datos de la Parcela N° 01 23

Cuadro 4 : Datos de la Parcela N° 02 24

Cuadro 5 : Datos de la Parcela N° 03 25

Cuadro 6 : Datos de la Parcela N° 04 26

Cuadro 7 : Datos de la Sub-parcela de pastizales N° 01 28

Cuadro 8 : Datos de la Sub-parcela de pastizales N° 02 29

Cuadro 9 : Datos de la Sub-parcela de pastizales N° 03 30

Cuadro 10: Datos de la Sub-parcela de pastizales N° 04 31

Cuadro 11: Datos Climáticos de Temperatura, Precipitación, Humedad Relativa de la Estación Meteorológica Las Palmeras de Ucayali Registro: 2000-2010) 32

Cuadro 12: Carbono total en bosques secundarios 50

Cuadro 13: Reservas de Carbono (tC/ha) en la biomasa aérea y del suelo en diferentes SUT en Pucallpa, Perú. 53

Cuadro 14: Carbono almacenado en la Biomasa viva de un bosque secundario 55

Cuadro 15: Carbono almacenado en la Necromasa de un bosque secundario 56

Cuadro 16: Carbono almacenado en el suelo de un bosque secundario 58

Cuadro 17: Carbono total en Pastizales 59

Cuadro 18: Carbono almacenado en Pastos 60

Cuadro 19: Carbono almacenado en el suelo de Pastizales 62

Cuadro 20: Dióxido de Carbono Equivalente en Bosques Secundarios 64

Cuadro 21: Dióxido de Carbono Equivalente en Pastizales 65

Cuadro 22: Deforestación Anual según Tasa Calculada 69

Índice de Figuras

Figura 1	:	Aumento de la concentración atmosférica global de CO_2 (IPCC 2007	5
Figura 2	:	Reservorios terrestres de carbono	15
Figura 3	:	Vista aérea de quema de bosques en el Distrito de Campo Verde	21
Figura 4	:	Ubicación de las 4 parcelas de estudio	22
Figura 5	:	Ubicación de la Parcela N° 01 – Caserío Ciudad de los Incas	23
Figura 6	:	Ubicación de la Parcela N° 02 – Km 7 Nueva Requena	24
Figura 7	:	Ubicación de la Parcela N° 03 – Km 7 Carretera Tornavista	25
Figura 8	:	Ubicación de la Parcela N° 04 – Km 28 Carretera Federico Basadre	26
Figura 9	:	Ubicación de las 4 parcelas de estudio	27
Figura 10	:	Ubicación de la Sub-parcela de Pasto N° 01 – Caserío Ciudad de los Incas	28
Figura 11	:	Ubicación de la Sub-parcela de Pasto N° 02 – Km 7 Carretera Nueva Requena	29
Figura 12	:	Ubicación de la Sub-parcela de Pasto N° 03 - Km 7 Carretera Tornavista	29
Figura 13	:	Ubicación de la Sub-parcela de Pasto N° 04 – Km 28 Carretera Federico Basadre.	31
Figura 14	:	Temperatura Máxima, Media y Mínima (°C). Estación Meteorológica Las Palmeras de Ucayali (Registro: 2000 – 2010)	33
Figura 15	:	Precipitación (mm). Estación Meteorológica Las Palmeras de Ucayali (Registro: 2000-2010).	34
Figura 16	:	Humedad Relativa (%). Estación Meteorológica Las Palmeras de Ucayali (Registro: 2000-2010)	34
Figura 17	:	Mapa de Zonas de Vida del Distrito de Campo Verde	36
Figura 18	:	Distribución en barras del carbono total almacenado en bosque secundario	51
Figura 19	:	Carbono en Bosques Secundarios según edad	52
Figura 20	:	Distribución en barras del carbono almacenado en la biomasa viva en bosque secundario	55
Figura 21	:	Distribución en barras del carbono almacenado en la Necromasa en bosque secundario	57
Figura 22	:	Distribución en barras del carbono almacenado en el suelo en bosque secundario	58
Figura 23	:	Distribución en barras del carbono total en pastizales	59
Figura 24	:	Distribución en barras del carbono almacenado en Pastos	61
Figura 25	:	Distribución en barras del carbono almacenado en el suelo de	62

pastizales
Figura 26 : Dióxido de Carbono Equivalente en Bosques Secundarios 64
Figura 27 : Dióxido de Carbono Equivalente en Pastizales 66
Figura 28 : Cobertura de Bosque Año 2000 en Campo Verde 67
Figura 29 : Tasa de Deforestación Periodo 2000 – 2009 en Campo Verde 68
Figura 30 : Tesista, Técnico forestal y Matero 86
Figura 31 : Alineamiento del Perímetro 86
Figura 32 : Delimitación del Perímetro 86
Figura 33 : Estableciendo Vértices 86
Figura 34 : Georreferenciando Vértices 87
Figura 35 : Midiendo DAP 87
Figura 36 : Marcado de árboles inventariados 87
Figura 37 : Georreferenciando los pastizales 87
Figura 38 : Cilindro de volumen conocido 88
Figura 39 : Recolección de muestras de suelo 88
Figura 40 : Herbácea y Biomasa muerta para obtener peso seco de suelo 88
Figura 41 : Muestras para determinar % de Carbono 88
Figura 42 : Muestras para determinar Densidad Aparente 89
Figura 43 : Muestras en estufa para obtener peso seco para determinar Densidad Aparente 89
Figura 44 : Secado de muestras de suelo a T° ambiente 89
Figura 45 : Molido de muestras de suelo para determinar %C 89
Figura 46 : Tamizado de muestras para %C 89
Figura 47 : Tamizado de muestras para %C 89

RESUMEN

El objetivo del estudio fue determinar el Dióxido de Carbono emitido en el distrito de Campo Verde durante el periodo 2000-2009, debido a quema de bosques secundarios y pastizales. Se determinó el carbono almacenado en bosques secundarios, para fustales se midió el DAP, altura y densidad básica, mientras que para latizales se midió el DAP y se empleó la ecuación alométrica ($Y = \exp [-2,289 + 2,649 \cdot \ln (dap) - 0,021 \cdot (\ln (dap))^2]$), y los resultados se sometieron a un análisis estadístico de factor ANOVA (tukey, $p<0.05$), luego se calculó el dióxido de carbono equivalente; finalmente mediante información cartográfica se obtuvo la cantidad de hectáreas de Bosque que se han perdido a causa de cambio de uso del suelo durante el periodo mencionado. El potencial de emisión Dióxido de carbono en los bosques secundarios del distrito de Campo Verde fue de 264.21 tCO_2, asimismo la deforestación calculada para el periodo de estudio es 14, 824.12 ha, en consecuencia el distrito de Campo Verde emitió 3, 916, 680.75 tCO_2 por quema de bosques secundarios en el Periodo 2000 – 2009, lo cual indica una tasa de emisión de 435, 186.75 tCO_2/año.

Palabras Claves: Carbono, Biomasa, Dióxido de Carbono equivalente, deforestación, quema de bosques, ecuación alométricas, densidad básica.

ABSTRACT

The objective of the study was to determine the carbon dioxide emitted in the district of Campo Verde during the period 2000-2009 due to burning of secondary forests and grasslands. Carbon stored in secondary forests were determined for upper-stem DBH, height and basic density was measured, while saplings were measured for DBH and allometric equation ($Y = \exp [-2.289 + 2.649 \cdot \ln (dbh)$ was used - $\cdot 0.021 (\ln (dbh)) 2]$), and the results were subjected to statistical analysis factor ANOVA (Tukey, $p <0.05$), then the carbon dioxide equivalent was calculated; finally by mapping information the number of hectares of forest have been lost due to land use change during the period mentioned was obtained. The potential carbon dioxide emission in secondary forests Campo Verde district was 264.21 tCO2, deforestation also calculated for the study period is 14, 824.12 has therefore Campo Verde district issued 3 916, 680.75 tCO2 burning of secondary forests in the period 2000 - 2009, indicating an emission rate of 435, 186.75 tCO2 / year.

Keywords: Carbon, Biomass, Carbon Dioxide equivalent, deforestation, burning forests, allometric equation, basic density.

INTRODUCCIÓN

El cambio climático inducido por las actividades humanas es un problema mundial que afecta de forma negativa los procesos ecológicos, económicos y sociales que rigen (IPCC 2001). El cambio Climático es inducido principalmente por gases de efecto invernadero como el metano, el óxido nitroso, el monóxido de carbono (CO) y el dióxido de carbono (CO_2), los cuales provocan el incremento de su concentración en la atmosfera. En lo que respecto a los contenidos de carbono atmosférico, estos se han incrementado principalmente por dos actividades humanas: el cambio de uso de la tierra y la combustión de fósiles. Se estima que el cambio de uso de la tierra emite 1,6 ± 1,0 Gt (1 Gt =1 x 10^9) de carbono al año y que la combustión de fósiles emite 5,5 ± 0,5 Gt de carbono al año (Lal y Kimble et ál, 1998).

En América Latina, uno de los principales cambios del uso de la tierra ha sido la deforestación de bosques para establecer pasturas para la ganadería y establecimiento de cultivos agrícolas y en la actualidad las áreas de pastos continúan incrementándose. Datos de la FAO (2006) muestran que en 1961 el área de pasturas permanentes en Centroamérica era de 9,1 millones de hectáreas y ya para el año 2001 era de 13,6 millones. En Sudamérica para 1961 existían 418,1 millones hectáreas de pasturas y, para el 2002, estas áreas habían aumentado a 515,9 millones.

Los bosques secundarios corresponden al 35% del total de los bosques tropicales del mundo (Emrich *et al.*, 2000). Se considera que existen alrededor de 850 millones de hectáreas de bosques secundarios en el mundo, de los cuales, 335 millones de hectáreas se ubican en América (FAO, 2006). Los bosques secundarios de las zonas tropicales se originan en su mayoría por la tala de bosques primarios y el abandono de pasturas (Wadsworth, 2000).

En las regiones tropicales, una actividad común para el establecimiento de cultivos agrícolas en cualquiera de sus modalidades es la quema de bosques secundarios y pastos, que se traducen en emisiones de toneladas Dióxido de Carbono (CO_2); y más aún si se considera las grandes cantidades de hectáreas bosques secundarios y pastizales que se queman anualmente, en toda Sudamérica.

Esta tesis se centra en el Distrito de Campo Verde, en la Provincia de Coronel Portillo, región Ucayali, que es conocida como una zona con altos índices de quemas de bosques y pastos todos los años, razón por la cual se estudio esta zona de una manera retrospectiva recopilando información del número promedio aproximado de hectáreas que se han quemado durante el periodo 2000 - 2009, y de esta manera con datos de campo poder estimar la cantidad de Dióxido de Carbono que se ha emitido durante el periodo mencionado.

El objetivo principal de esta investigación fue dterminar la influencia de las áreas quemadas de bosques secundarios y pastizales en la emisión de Carbono durante el periodo 2000-2009 en el Distrito de Campo Verde

I. MARCO TEÓRICO

1.1 IDENTIFICACIÓN DEL PROBLEMA

Las quemas siempre suceden anualmente y, según reportes históricos, en los últimos 10 años fueron aumentando cada año debido al crecimiento poblacional y las incursiones de empresa privadas en el bosque de manera legal (concesiones) y de manera ilegal (saqueadores del bosque). Las quemas sin supervisiones y sin cultura ecológica es uno de los factores principales de los quemas en la región Ucayali, las prácticas agrícolas y las quemas de pastizales por los ganaderos también forma parte del inicio de la propagación de los mismos, la quema indiscriminada del hombre que desarrolla agricultura migratoria o tradicional, con fines de bajar costos en la preparación del terreno para sembríos agrícolas es otro de los factores de incendios. El sesenta por ciento (60%), del territorio Peruano (78.8 millones de hectáreas) es terreno forestal de los cuales, en la Amazonía Peruana existen 74.18 %., de bosques naturales; según se reporta en la Estrategia Nacional Forestal, 2002.

La perdida de biomasa de bosques secundarios debido a procesos de ampliación de la frontera agrícola, expansión urbana y apertura de vías, han generado que grandes toneladas que se encontraban almacenados en la biomasa de los bosques se hayan emitido a la atmosfera en forma de Dioxido de Carbono, y por lo tanto contribuye al cambio climático mundial.

1.2. FORMULACION DEL DEL PROBLEMA

Pregunta General

- ¿Cómo influenciólas áreas quemadas de bosques secundarios y pastizales en la emisión de Carbono durante el periodo 2000 – 2009 en el Distrito de Campo Verde, región Ucayali?

Preguntas Específicas

- ¿Cuál es la cantidad de biomasa que almacena carbono en bosques secundarios en el distrito de Campo Verde?

- ¿Cuál es la cantidad de biomasa que almacena los pastizales en el distrito de Campo Verde?

1.3. MARCO CONCEPTUAL

1.3.1 EFECTO INVERNADERO

Este es un fenómeno natural que ha permitido el desarrollo de la vida en el planeta, producido por ciertos gases que están presentes en la atmósfera, y que son los responsables de mantener el planeta a una temperatura apta para la vida. Los principales gases son el vapor de agua y el gas carbónico, el cual es el más importante debido a que es afectado por las actividades antropogénicas (RAMÍREZ, 1997). Los gases de invernadero bloquean la radiación terrestre infrarroja, impidiendo que escape directamente de la tierra hacia el espacio. La radiación infrarroja absorbida por la atmósfera es emitida de nuevo en parte hacia la tierra y en parte hacia el espacio, por lo tanto, mucha de la energía que la tierra emite es reflejada por la atmósfera y es devuelta hacia la tierra. La temperatura media de la tierra es de 15,5°C debido al efecto invernadero, si este proceso no se llevara a cabo, la temperatura media global sería de -18°C, por lo que no existirían las condiciones aptas para la vida.

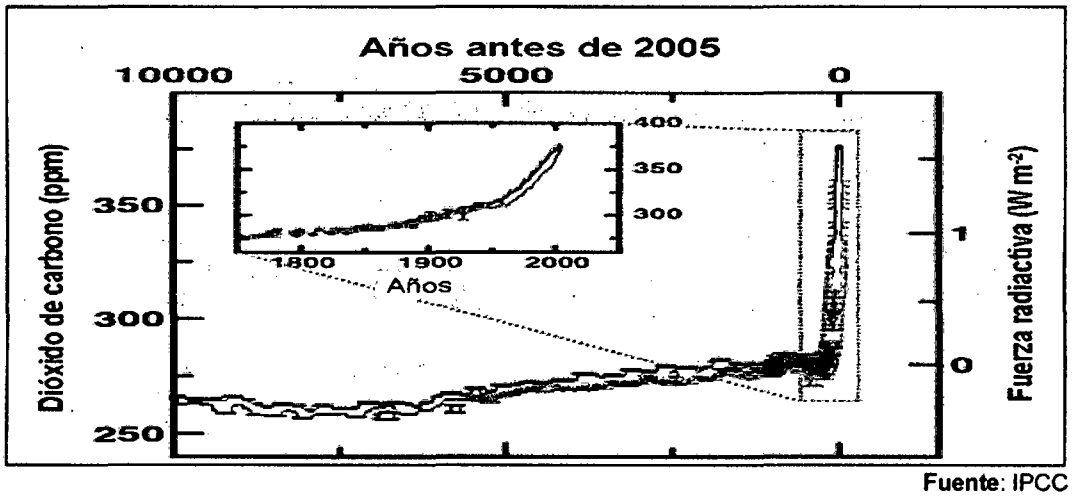
Los principales gases, en su mayoría producto de la actividad humana, que contribuyen a la amplificación del efecto invernadero son el dióxido de carbono (CO_2), monóxido de carbono (CO), el vapor de agua (H_2O), el metano (CH_4), los óxidos nitrosos (N_2O), los cloro-fluoro-carbonados (CFC'S), los óxidos de nitrógeno (NOx) y el ozono troposférico (O_3) (MARENA, 1999). Altas concentraciones de estos gases en la atmósfera absorben más calor, aumentando así la temperatura de la superficie.

Las consecuencias pueden llegar lejos: cambio en la precipitación, en el número de días libres de heladas, en la frecuencia y severidad de las tormentas, en el comportamiento y distribución de plantas y animales y en los procesos de formación del suelo. Existe además la posibilidad de que el nivel de los océanos

se incremente al derretirse los casquetes polares (CIESLA, 1996). Los efectos del cambio climático podrían tener serias complicaciones en el futuro para la agricultura, la forestería y la pesca como resultado de alterar los ciclos biogeoquímicos y de la constante pérdida de la biodiversidad. RAMÍREZ (1997) asegura que de no darse un cambio para el año 2100, se tendrá un incremento de la temperatura del orden de 4,5°C, el cual haría que la mayor parte de las especies vivas no pudieran adaptarse al cambio climático.

1.3.2 DIÓXIDO DE CARBONO

El dióxido de carbono (CO_2) es el gas antropogénico de efecto invernadero más importante. La concentración atmosférica global de CO_2 ha aumentado de un valor preindustrial de 280 ppm a 379 ppm (Figura 01). La concentración atmosférica de dióxido de carbono en 2005 excede por lejos la gama natural sobre los últimos 650.000 años (180 a 300 ppm) determinado como de centros de hielo. La tasa de crecimiento anual de la concentración de CO_2 fue más grande durante los últimos 10 años (1995-2005 medio: 1,9 ppm por año), que lo presentado desde el principio de medidas atmosféricas, directas y continuas (1960 – 2005 medio: 1,4 ppm por año) (IPCC 2007).



Fuente: IPCC

Figura 1: Aumento de la concentración atmosférica global de CO_2 (IPCC 2007)

Las moléculas de CO_2, a diferencia de otros componentes del aire puro, poseen la propiedad de absorber la radiación infrarroja (calor) del sol, por cuanto más CO_2 haya en la atmósfera más calor puede ésta absorber (NEKRÁSOFV, 1981). Cantidades enormes de CO_2 entran cada año a la atmósfera como consecuencia del uso generalizado de combustibles fósiles (carbón, petróleo o gas natural). Debido al constante intercambio de CO_2 entre la atmósfera y el océano (el cual puede absorber una gran parte de CO_2), solamente parte del CO_2 antropogénico permanece en la atmósfera. Sin embargo, no hay duda alguna de que la concentración en la atmósfera ha estado aumentando de año en año, por ejemplo, las emisiones de este gas crecieron a una tasa de 4,3% anual desde 1860 a 1970 y una de 2,8 entre 1970 y 1979 (FERNÁNDEZ, 1991).

1.3.2.1 Fuentes de CO_2

Antes del comienzo de la revolución industrial (hacia 1750, cuando el escocés James Watt perfeccionó las máquinas de vapor) la concentración de CO_2 en la atmósfera era de unas 280 ppm (0,028%) y ahora alcanza casi las 380 ppm (0,038%). Aunque la mayor parte de este incremento es atribuible a la quema de combustibles fósiles para generar electricidad, de la industria y del transporte, se calcula que nada menos que un 35 % del aumento en los últimos 300 años ha sido debido a los cambios de usos del suelo impuestos por la agricultura (FOLEY, 2005).

Entre 1850 y 1998 se han emitido a la atmósfera, como consecuencia del quemado de combustibles de origen fósil y de la producción de cementos, aproximadamente 270 (+30) GgC en forma de CO_2. Como consecuencia del cambio de uso de la tierra predominantemente de los ecosistemas forestales, se han emitido unas 136 (+55) GgC, lo cual a llevada a un aumento del contenido de CO_2 en la atmósfera de 176 (+10) GgC (IPCC, 2007).

1.3.2.2 Sumideros de CO_2

En la actualidad, el carbono en la atmósfera aumenta en promedio unos 3 Pg C al año. Sin embargo, las emisiones antrópicas de carbono superan los 6 Pg C. Por lo tanto, ni siquiera la mitad del carbono emitido es retenido en la atmósfera (RAITSOS, 2005). Existen todavía muchas dudas sobre la localización de los sumideros actuales y en qué proporción se produce el reparto entre los océanos y la vegetación de esa emisión de carbono que no se queda en la atmósfera (BATTLE, 2000). Probablemente los océanos acumulan unas tres veces más CO_2 que los continentes.

SABINE (2004) encontró que 244 Pg C emitidos por la quema de combustibles fósiles y la fabricación de cemento entre 1800 y 1994, 118 Pg C fueron absorbidos por los océanos y 106 Pg C fueron añadidos a la atmósfera en forma de CO_2. En los continentes, hubo una emisión neta de unos 24 Pg C, que resulta de restar lo absorbido por el sumidero de la biomasa terrestre a lo emitido por los cambios de uso del suelo. Sin embargo, en el período 1980-1999, los análisis mostraron que de los 117 Pg C emitidos por los combustibles fósiles y el cemento, 65 Pg C fueron añadidos a la atmósfera, 37 Pg C fueron absorbidos por los océanos, y 15 Pg C fueron absorbidos por la superficie continental.

El porcentaje del carbono emitido que se queda en la atmósfera está disminuyendo. Por ejemplo, en la década de los 70, el porcentaje de CO_2 antrópico que se quedaba en la atmósfera era el 70% del emitido, pero en la década de los 90 fue inferior al 50%. Una incógnita muy importante para calcular el incremento futuro del CO_2 atmosférico es saber si este porcentaje continuará disminuyendo y a qué ritmo (SCHIMEL, 2001).

La diferencia creciente entre las emisiones antrópicas y el incremento atmosférico es debida al aumento de la cantidad de CO_2 absorbido por los océanos, la vegetación y los suelos (Joos, 2003). Los cálculos se basan

en los cambios registrados en la concentración atmosférica y oceánica de O_2, y en los gradientes latitudinales observados en las mediciones, tanto de CO_2 como de O_2 (KEELING, 1996).

Una prueba del incremento de la biomasa terrestre se fundamenta en la curva de evolución del CO_2 atmosférico. En los últimos 30 años la amplitud del ciclo anual de la concentración de CO_2 atmosférico ha aumentado, aunque de forma irregular. Esto es probablemente una consecuencia de una mayor actividad vegetativa, que implica una mayor absorción terrestre en primavera-verano (por incremento de la fotosíntesis global) y una mayor liberación de CO_2 en otoño-invierno por incremento de la materia orgánica oxidada (KAUFMANN, 2004).

Respecto a los ecosistemas terrestres, se sabe que los del hemisferio norte absorben más CO_2 atmosférico neto que los del hemisferio sur. El aire troposférico en el hemisferio norte contiene solamente unas 3 ppm de CO_2 más que el aire del hemisferio sur, pero la mayor parte del CO_2 es emitido en ese hemisferio, lo que debería ocasionar una diferencia superior, de unas 4 o 5 ppm. El importante sumidero de la vegetación continental existente en el hemisferio norte podría explicar la anomalía. En este sentido, algunos cálculos indican que en el territorio de los Estados Unidos y de Canadá el CO_2 absorbido por el suelo y la vegetación es superior incluso a las emisiones antrópicas de este gas en esos países (SCHIMEL, 2001). Otros cálculos más conservadores indican que la masa de CO_2 absorbida por el territorio estadounidense es la tercera parte de la emitida: 0,5 Pg de carbono absorbido frente a 1,5 Pg de carbono emitido. Los cálculos para Europa indican que la biomasa absorbe entre el 7 y el 12 % de las emisiones (Janssens, 2003).

1.3.2.3 Los bosques como fijadores de carbono

Todo bosque almacena carbono en su biomasa, contribuyendo en forma pasiva al control del calentamiento global, mientras que la tala de árboles contribuye a la emisión de CO_2, aumentando su contenido en la atmósfera. Únicamente los bosques que tienen un crecimiento neto, son capaces de una absorción neta de CO_2 (Begon et ál, 1996), y por lo tanto, de contribuir a la reducción de CO_2 atmosférico.

La biomasa acumulada por el crecimiento de los árboles en los bosques disminuye gradualmente conforme aumenta la edad del bosque (FINEGAN, 1997) y por lo tanto su potencial de captura de carbono también disminuye. Sin embargo, esto no quiere decir que los bosques no fijen carbono en algunos periodos de crecimiento. Esta variabilidad que muestran los bosques naturales con respecto a las características de captura y almacenamiento de carbono, sirve de base para diseñar alternativas de manejo en bosques naturales y otros ecosistemas forestales para aumentar su contribución al almacenamiento y disminuyan la emisión de CO_2.

Los estudios de estimaciones de biomasa de los ecosistemas forestales son esenciales para obtener un aproximado de carbono almacenado, ya que existe una estrecha relación entre la biomasa y el carbono de 2:1 (CIESLA, 1996). El nivel de acumulación de carbono varía entre los diferentes ecosistemas. Por ejemplo en un proyecto en Talamanca Costa Rica, se estimó que la tasa promedio de acumulación de carbono en la vegetación de áreas de regeneración natural (bosques secundarios jóvenes), entre 1 y 10, fue de 6,3 Mg C ha-1 año-1 (SEGURA, 2005).

1.3.3 PROTOCOLO DE KIOTO

El Protocolo de Kioto es el instrumento legal a través del cual se regulan límites y reducciones de emisiones de GEI mandatorias y vinculantes a los países industrializados con obligaciones ante la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (UNFCCC por sus siglas en inglés). Los países industrializados se comprometieron en Kioto a reducir sus emisiones de GEI en al menos un 5.2% con respecto al nivel de emisiones de 1990 y a evaluar resultados durante el período 2008-2012. (PNUMA, 1998)

En el Protocolo de Kioto también se establecieron los mecanismos que facilitarían el cumplimiento de las reducciones de emisiones de GEI en los países industrializados (Alemania, Dinamarca, España, Francia, Italia, Japón, Portugal, Reino Unido, etc.) de un modo costo-efectivo. Estos mecanismos son: 1) Comercio de Emisiones (CE), 2) Implementación Conjunta (IC) y 3) Mecanismo de Desarrollo Limpio (MDL). (IPCC, 2007).

Comercio de Emisiones (CE). Este mecanismo permite la transferencia de reducciones de Carbono "no usadas", entre países industrializados que tengan sus derechos de emisión por debajo de los límites permitidos, con aquellos que han excedido sus niveles en un período de cumplimiento dado. Las unidades de venta se denominan Assigned Amount Units (AAU's por sus siglas en inglés). (IPPC, 2007).

Implementación Conjunta (IC). Este mecanismo permite la reducción de emisiones de Carbono de manera conjunta entre los países. En este caso, se acreditan unidades de reducción de emisiones a favor de los países que financian proyectos de mitigación de cambio climático. Las unidades de venta se denominan Emission Reduction Units (ERU's por sus siglas en inglés). (IPCC, 2007).

Un país desarrollado que para el 2012 tenga emisiones que superen los límites previstos por el Protocolo, puede asociarse con otro país desarrollado que para

ese período cuente con emisiones por debajo de los límites para él establecidos, siempre y cuando en conjunto, no superen los niveles sumados de ambos. (PNUMA, 1998).

Mecanismo de Desarrollo Limpio (MDL). El MDL es uno de tres mecanismos de mercado que permite que proyectos encaminados a fijar, reducir o evitar emisiones de gases de efecto invernadero en países en desarrollo, obtengan beneficios económicos adicionales a través de la vente de Certificados de Emisiones Reducidas (CER´s). Este es el único de los tres mecanismos al que pueden acceder estos países, entre ellos, los de América Latina. (PNUMA, 1998)

América Latina se ha convertido en la región de países en desarrollo más activa en este mercado emergente, con alrededor de US$ 210,6 millones de créditos de Carbono en negociación en el marco del MDL, basada en la convicción de que este mercado puede significar una herramienta útil para promover el desarrollo sostenible de la región. (IPCC, 2004).

1.3.4 BIOMASA

La biomasa es un parámetro que caracteriza la capacidad de los ecosistemas para acumular materia orgánica a lo largo del tiempo (BROWN, 1997) y está compuesta por el peso de la materia orgánica aérea y subterránea que existe en un ecosistema forestal. Según el IPCC (2007), es la masa total de organismos vivos presentes en un área o volumen dados; se suele considerar biomasa muerta el material vegetal muerto recientemente. La biomasa es importante para cuantificar la cantidad de nutrientes en diferentes partes de las plantas y estratos de la vegetación, permite comparar distintos tipos de especies o vegetación o comparar especies y tipo de vegetación similares en diferentes sitios. Además, la cuantificación de la biomasa y el crecimiento de la vegetación en los ecosistemas son críticos para las estimaciones de fijación de carbono, un

tema actualmente relevante por sus implicaciones en relación al cambio climático (Márquez, 2000).

Existen dos métodos comúnmente usados para estimar la biomasa: el método directo y el indirecto. Dentro del primero está el destructivo, que consiste en cortar el árbol y determinar la biomasa pesando directamente cada componente. Dentro de los indirectos se utilizan métodos de cubicación del árbol donde se suman los volúmenes de madera, se toman muestras de ésta y se pesan en el laboratorio para calcular los factores de conversión de volumen a peso seco, es decir, la gravedad o densidad específica (SEGURA, 2008). Otra forma de estimar la biomasa es mediante ecuaciones o modelos basados en análisis de regresión, que utilizan variables colectadas en el campo tales como el diámetro a la altura del pecho (d), la altura comercial (h_c) y total (h_t), el crecimiento diamétrico, el área basal y la densidad específica de la madera (BROWN, 1997). Este método no es destructivo y es extrapolable a situaciones de crecimiento similares.

Según un estudio realizado en bosques maduros de la Amazonía, el incremento de la biomasa es equivalente a una captación neta de 0,62 ± 0,37 t/ha/año de carbono (tC/ha/año) (SEGURA, 2008).

En la Amazonía brasileña se evaluaron bosques de clima húmedo y se encontró que la biomasa representaba 315 t/ha, mientras que en Ecuador, Perú y Bolivia se registraron valores de 182 t/ha, 210 t/ha y 230 t/ha, respectivamente, para la biomasa sobre la superficie (BROWN, 1997).

1.3.5 CARBONO

El dióxido de carbono (CO_2) es intercambiado entre la vegetación terrestre y la atmósfera. Se producen cambios en los balances netos entre el secuestro (también conocido como almacenamiento o fijación) y la liberación a lo largo de periodos de tiempo: (a) minuto a minuto (ej., cuando las nubes interceptan la luz

solar), (b) patrón día noche, a lo largo de un ciclo estacional de predominancia del crecimiento y la descomposición y (c) las etapas del ciclo de vida de la vegetación o del sistema de uso del suelo.

El carbono puede tomar diversos rumbos. En la mayoría de los años, el efecto anual neto de la fotosíntesis, la respiración y la descomposición es un incremento relativamente pequeño del carbono almacenado. Sin embargo, las ganancias acumuladas en algunos casos se pierden en los años de inundaciones o cuando el fuego consume la materia orgánica. El carbono también puede trasladarse fuera del lugar. Los productos orgánicos (como la madera, la resina, las semillas, los tubérculos) dejan el área de producción y pasan a formar parte de los flujos del comercio, usualmente concentrados en los sistemas urbanos y sus vertederos de residuos. Sólo pequeñas cantidades de reservas de carbono pueden filtrarse fuera del suelo e ingresar en sumideros de largo plazo en ambientes de aguas dulces u oceánicas, o contribuir a la formación de turba.

Cuando los bosques se convierten a otros usos del suelo, ocurre una gran liberación neta de carbono a la atmósfera. El proceso puede ocurrir en cuestión de horas en el caso de incendios, o durar años en el caso de la descomposición, o décadas cuando los productos de la madera ingresan en los sistemas domésticos/urbanos. Las emisiones netas pueden calcularse analizando la disminución o el aumento de las "reservas terrestres de carbono".

Debido a que los bosques tropicales en condiciones naturales contienen más carbono aéreo por unidad de superficie que cualquier otro tipo de cobertura terrestre (GIBBS *et al.*, 2007), es importante considerarlos en los esfuerzos por mitigar el cambio climático.

Contabilizar en forma sistemática todos los ingresos y egresos de carbono es un proceso más complejo que simplemente verificar el cambio final en el total

de la reserva de carbono global. Los cálculos actuales que establecen que el "uso del suelo, el cambio en el uso del suelo y la silvicultura" (LULUCF por su sigla en inglés) son responsables del 15 al 20% de las emisiones totales de gases de efecto invernadero se basan en este tipo de contabilización de las reservas. El secuestro neto tiene lugar en zonas templadas y las grandes emisiones netas en los trópicos. Las zonas de turberas tropicales son fuentes particularmente pequeñas con altos valores de emisión (IPCC, 2007). Para estimar los costos de oportunidad de REDD+, es necesario realizar mediciones de carbono de diversos usos del suelo a fin de calcular los efectos del carbono de numerosos tipos de cambios en el uso del suelo.

El carbono se encuentra en diversos reservorios. Las reservas terrestres de carbono de todo el carbono almacenado en los ecosistemas se encuentran en:

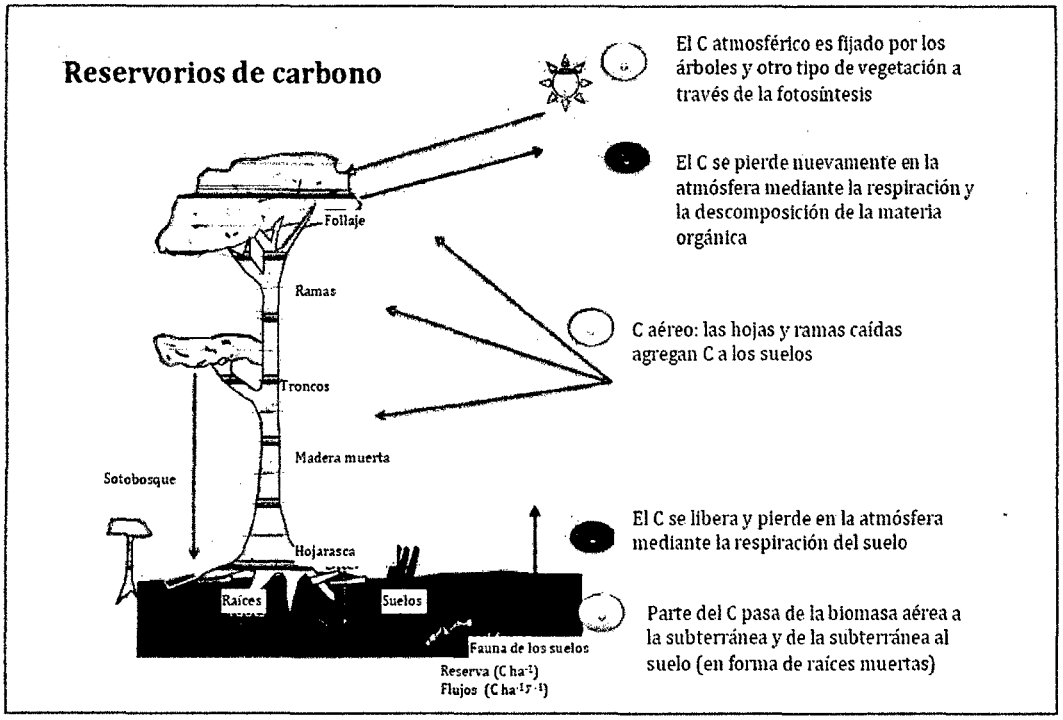
a) Biomasa de plantas vivas (aérea y subterránea)
b) Biomasa de plantas muertas (aérea y subterránea)
c) Suelo (en materia orgánica del suelo y, en cantidades ínfimas, como biomasa animal y de microorganismos)

En la orientación de IPCC, a estos reservorios se los describe como biomasa aérea, biomasa subterránea y madera muerta y hojarasca, y carbono del suelo. Los términos anteriores se encuentran resumidos en la Figura 2.

Cuadro 1: Cuatro reservorios de carbono de PICC

	Viva	**Muerta**
Aérea	Biomasa (troncos, ramas, hojas de vegetación leñosa y no leñosa)	Madera y hojarasca
Subterránea	Biomasa (raíces, fauna)	Carbono del suelo

Fuente: Panel Intergubernamental de Cambio Climatico (IPCC)



Fuente: Panel Integubernamental de Cambio Climatico (IPCC)

Figura 2: Reservorios terrestres de carbono

1.3.5.1 Carbono de la biomasa de plantas vivas

La biomasa aérea abarca todos los troncos leñosos, ramas y hojas de árboles vivos, plantas rastreras, enredaderas y epífitas, así como las plantas del sotobosque y la vegetación herbácea. En el caso de los suelos agrícolas, incluye árboles (si hay), cultivos y maleza. La biomasa subterránea abarca las raíces, la fauna del suelo y los microorganismos.

1.3.5.2 Carbono de la biomasa de plantas muertas

La materia orgánica muerta (es decir, la necromasa) incluye árboles caídos y tocones, otros desechos leñosos gruesos, la capa de hojarasca y el carbón vegetal (o materia orgánica parcialmente carbonizada) sobre la superficie del suelo. La reserva de carbono de la hojarasca en una selva tropical suele ser aproximadamente 5 t C /ha/año, con un periodo medio de permanencia en la capa de hojarasca de aproximadamente 1 año. Los árboles muertos pueden tardar aproximadamente 10 años en descomponerse y la necromasa constituye aproximadamente el 10% del

total de reserva de carbono aéreo en un bosque natural saludable. Debido a que la tala suele enfocarse en aprovechar los árboles más valiosos y dañar muchos otros, la necromasa puede constituir 30-40% de la reserva de carbono aérea luego de la tala. Si se utiliza fuego para realizar el desmonte, el carbono resultante se emitirá en forma directa o permanecerá por aproximadamente una década.

1.3.5.3 Carbono del suelo

El carbono del suelo abarca el carbono orgánico, el carbono inorgánico y el carbón vegetal. El bicarbonato, un tipo de carbono inorgánico, está presente en los suelos calcáreos pero es insignificante en los suelos neutros y ácidos. El principal tipo de carbono en el suelo se encuentra en diversas etapas de humificación, y los plazos de recambio llegan hasta cientos (o incluso miles) de años. En las turberas, los plazos de recambio pueden alcanzar los miles de años.

En los suelos minerales, el cambio en el carbono orgánico del suelo es relativamente pequeño y ocurre principalmente en los primeros 30 cm de la capa de suelo (IPCC, 2007).

La concentración de carbono orgánico en los suelos generalmente disminuye con la profundidad y a mayor proporción de reservorios relativamente estables menor la concentración total de carbono. La respuesta más fuerte de la reserva de carbono en el suelo a los cambios en la cobertura terrestre ocurre en los primeros 20-30 cm. Sin embargo, los datos empíricos sólo suelen permitir detectar cambios en la capa de 0-5 cm de profundidad.

El cambio en el contenido de carbono del suelo debido a un cambio en el uso del suelo no suele superar los 20 Mg de carbono por ha (IPCC, 2007), excepto en condiciones de humedales. En condiciones climáticas

específicas (por ejemplo, con un superávit de lluvias anuales pero una temporada seca prolongada en terreno llano con reservas de agua subterránea a grandes profundidades) los árboles con profundos sistemas de raíces son capaces de prolongar la época de crecimiento. Además, el intercambio en finas raíces en profundidad aumenta las reservas de carbono en el suelo en profundidades que pueden generar cambios en el carbono del suelo luego de una conversión superiores a 20 Mg de carbono por ha. Por ejemplo, cuando se convierten llanuras de Imperata en plantaciones de palma aceitera en suelo mineral, se puede esperar un incremento en la reserva de carbono del suelo de hasta 13,2 ± 6,6 Mg /ha respecto de una reserva inicial de 40,8 ± 20,4 Mg /ha.

En otro estudio desarrollado por ALEGRE *et al.* (2002), en diferentes sistemas de uso de la tierra evaluado en Pucallpa, se registraron los siguientes resultados:

Cuadro 2: Reservas de Carbono (tC/ha) en la biomasa aérea y del suelo en diferentes SUT en Pucallpa, Perú.

SUT	Árbol	Soto bosque	Hojarasca	Raíz	Suelo	Total tC/ha
BARBECHOS						
Bosque secundario 15 años	121,00	2,21	2,85	1,04	68,33	172,30
Bosque secundario 3 años	13,2	1,83	5,90	0,28	19,63	40,80
(a) Raíces de 0 a 20 cm de profundidad (b) Profundidad del suelo de 0 a 40 cm.						

Fuente: Estudio en diferentes sistemas de uso de la tierra en Pucallpa (ALEGRE et al, 2002)

1.3.6. QUEMAS

Es un siniestro causado intencional, accidental o fortuitamente por el fuego

que se presenta en áreas cubiertas de vegetación, árboles, pastizales, malezas, matorrales y, en general, cualesquiera de los diferentes tipos de asociaciones vegetales. Las prolongadas sequías acompañadas de altas temperaturas y frecuentemente con fuertes vientos condicionan un alto grado de sequedad en la vegetación de consecuencias muy graves ante el inicio de un incendio.

Causas:

Antrópicas (humanas).

- Quema de pastos.
- Quemas de áreas forestales.
- Fumadores.
- Colmeneros.
- Cazadores.
- Incendiarios (Pirómanos).

Naturales

- Caída de rayos.
- Combustión natural espontánea.

Accidentales

- Vehículos (escape de chispas).
- Líneas eléctricas

Componentes del Fuego:

- Calor
- Oxigeno
- Combustibles:

Tipos de Incendios

- **Fuego de subsuelo o subterráneo**: El fuego se propaga por la materia orgánica en descomposición y las raíces. Casi siempre se queman despacio y en combustión incandescente (poca o ausencia de llama) al no disponer de suficiente oxígeno.

- **Fuego de superficie**: El incendio se propaga por el combustible que encontramos sobre el suelo, incluye la hojarasca, hierbas, arbustos y madera caída pero no inmersa en la hojarasca en descomposición.

1.3.6.1 Incidencia de la Quema de Bosques en el Cambio Climático

El cambio climático acentúa los procesos de degradación forestal y erosión genética en los bosques pluviales de la Amazonia. Otro efecto de los cambios en la precipitación y degradación forestal afecta también a la regulación del ciclo hidrológico al interior y al exterior de la cuenca amazónica, reduciendo los stocks de carbono mundial.

Los efectos de quemas y los incendios forestales en la zona amazónica son muy preocupantes debido a su efecto climático local. Estos se concentran durante la época seca incrementando la posibilidad de que las zonas sufran sequías fuertes y persistentes.

El humo de los incendios tiene efectos locales pero también es transportado largas distancias contribuyendo a la contaminación del aire en otras zonas del país, aunque también se reciben emisiones de los incendios forestales que ocurren en otros países amazónicos.

El humo proveniente de las quemas de los incendios forestales tiene efectos directos e indirectos sobre las propiedades radiactivas de la

atmósfera. Los aerosoles del humo pueden absorber y dispersar la radiación solar entrante y la radiación emitida por la superficie del suelo.

El humo contiene una considerable concentración de carbono mineral y material orgánico que son oscuros y absorbentes. Por ejemplo, durante un periodo de máxima actividad de quema de biomasa en agosto-septiembre de 1999, en Matto Grosso en Brasil, midieron la reducción de la recepción de radiación esperada para ese periodo, resultando en un valor de entre 30 a 50% menos de la radicación esperada.

El efecto neto de los aerosoles absorbentes el calentamiento de la atmósfera y el enfriamiento de la superficie, lo cual lleva una mayor estabilidad atmosférica y una reducida convección en la atmósfera. Esto posteriormente produce una reducción de las nubes cumulus normalmente formadas gracias a la presencia de los vientos alisios sobre grandes áreas de la cuenca amazónica durante la estación con humareda.

Además, el humo aumenta el número de partículas en suspensión y disminuye el tamaño de las gotas de agua de las nubes lo que reduce la formación de lluvia.

El año 2005 se reportaron frecuentes presencia de tormentas tropicales y déficit de precipitación en la parte de la región amazónica, lo que aumentó la secuencia de incendios forestales. La mayor actividad de deforestación provoca un efecto más intenso del cambio climático.

Las zonas deforestadas sufrirán un aumento de la temperatura media del aire próximo a la superficie de 0,6 a 0,2 grados centígrados, una reducción en los totales de precipitación y evapotranspiración real (del 20 al 30 por ciento de los valores del bosque). Más preocupante aún es que la estación de sequía será más prolongada lo que afectará la

productividad de las zonas deforestadas y afectarían el equilibrio de las zonas boscosas.

Perturbaciones ecológicas

- Desaparición de especies de flora y fauna silvestre.
- Destrucción del hábitat natural.
- Interrupción y degeneración de los sistemas de sucesión y recuperación natural de los ecosistemas.
- Alteraciones y modificaciones morfológicas de las especies sometidos a los incendios.
- Deterioro de las condiciones físicas, químicas y biológicas del suelo.
- Aumento efímero y luego la pérdida de la fertilidad del suelo.
- Pérdida del suelo por erosión en terrenos con pendientes.
- Modificación en la calidad y cantidad del caudal del agua.
- Aumento de la contaminación ambiental por la emisión de CO_2 y contribuyen en el aumento de los gases de efecto invernadero.
- Surgimiento y expansión de plagas y enfermedades.



Fuente: Centro de Operaciones de Emergencia (COER, 2005)

Figura 3: Vista Aérea de quema de bosques en el Distrito de Campo Verde

II. MATERIALES Y METODOS

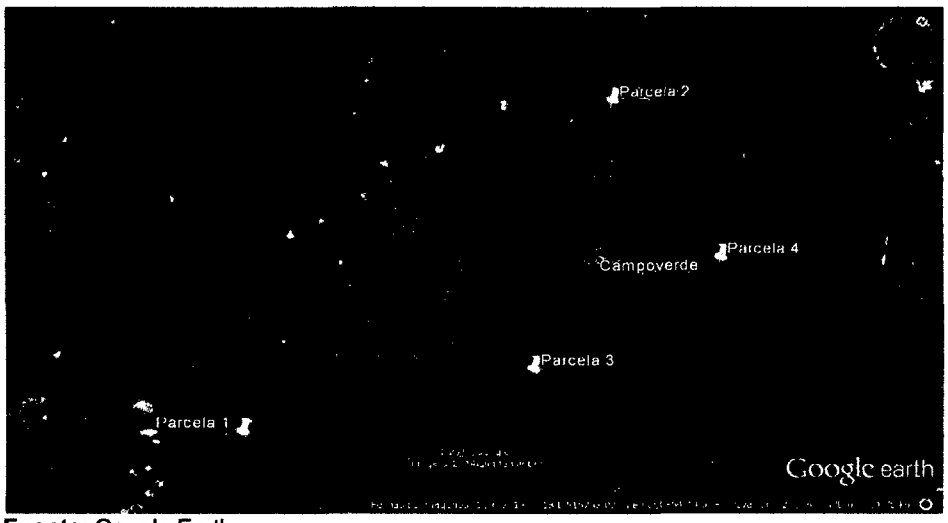
2.1 DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

2.1.1 Ubicación del área de estudio

La presente investigación se desarrolló en el ámbito del Distrito de Campo Verde, contando con colaboradores en los siguientes sectores:

- Km 50 interior 5 Km, Caserio Ciudad de los Incas
- Km 7 de la Carretera Campo Verde
- Km 7 de la Carretera a Nueva Requena
- Km 28 de la Carretera Federico Basadre

La distribución de las áreas de Estudio se muestran en la *Figura 4*:



Fuente: Google Earth

Figura 4: Ubicación de las 4 Parcelas de estudio

2.1.1.1 Bosques Secundarios

Se establecieron cuatro (04) sub parcelas de 10,000 m^2 cada uno con área total de 40,000 m^2 en ecosistemas de bosque secundario, distribuidas de la siguiente manera:

Cuadro 3: Datos de la Parcela N° 01

Ubicación del Fundo	Distrito	Provincia	Vértices	Coordenadas	Metros
Caserío Ciudad de Los Incas	Campo Verde	Coronel Portillo	A_1	512528	m E
				9048360	m N
			A_2	512628	m E
				9048360	m N
			A_3	512628	m E
				9048260	m N
			A_4	512528	m E
				9048260	m N

Fuente: Elaboración Propia



Fuente: Google Earth

Figura 5: Ubicación de la Parcela N° 01 – Caserío Ciudad de Los Incas

Cuadro 4: Datos de la Parcela N° 02

Ubicación del Fundo	Distrito	Provincia	Vértices	Coordenadas	Metros
Km 7 Carretera Nueva Requena	Campo Verde	Coronel Portillo	B_1	518160	m E
				9069735	m N
			B_2	518060	m E
				9069735	m N
			B_3	518060	m E
				9069635	m N
			B_4	518160	m E
				9069635	m N

Fuente: Elaboración Propia



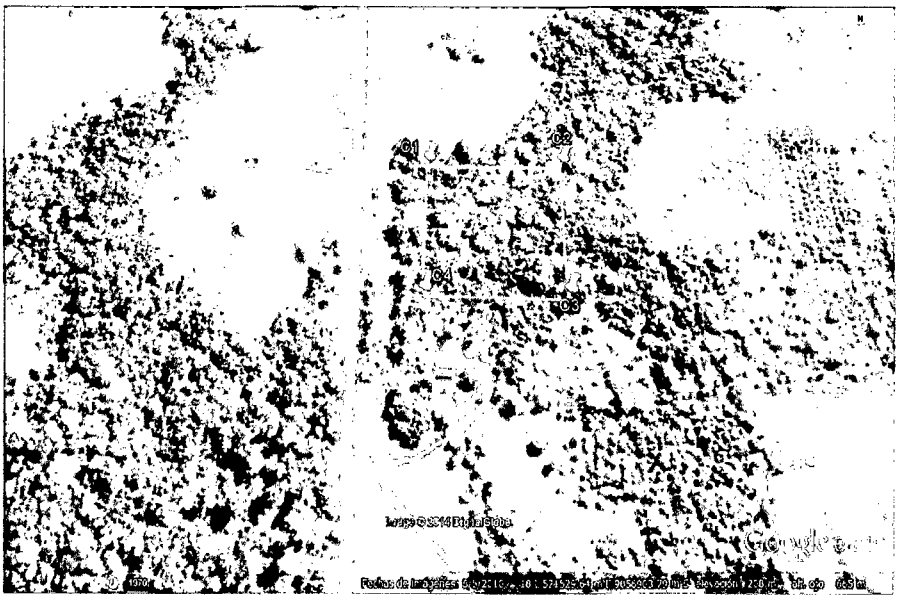
Fuente: Google Earth

Figura 6: Ubicación de la Parcela N° 02 – Km 7 Nueva Requena

Cuadro 5: Datos de la Parcela N° 03

Ubicación del Fundo	Distrito	Provincia	Vértices	Coordenadas	Metros
Km 7 Carretera Tornavista	Campo Verde	Coronel Portillo	C_1	521512	m E
				9057007	m N
			C_2	521612	m E
				9057007	m N
			C_3	521612	m E
				9056907	m N
			C_4	521512	m E
				9056907	m N

Fuente: Elaboración Propia



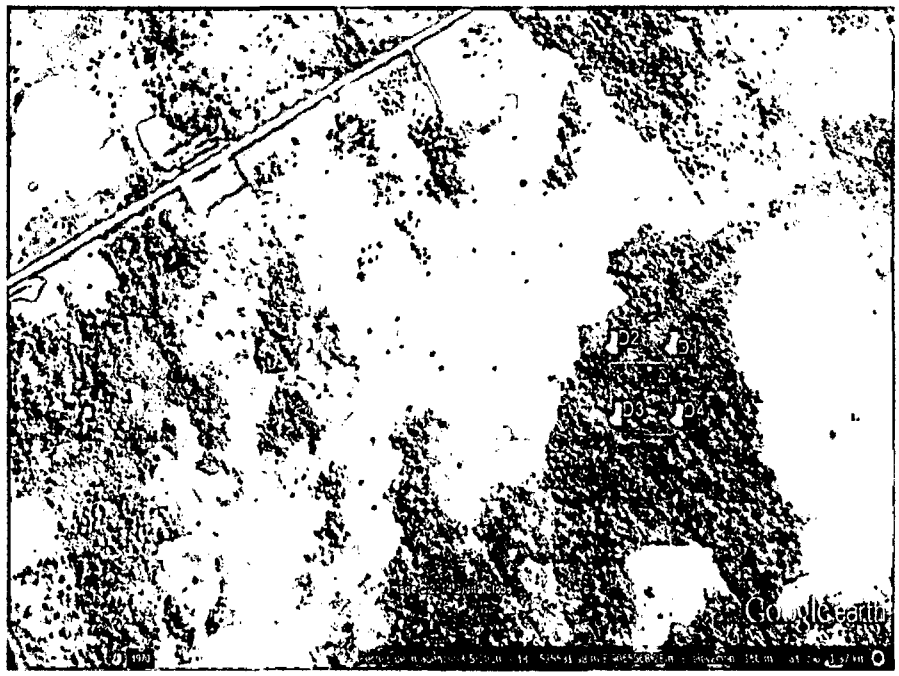
Fuente: Google Earth

Figura 7: Ubicación de la Parcela N° 03 – Km 7 Carretera Tornavista

Cuadro 6: Datos de la Parcela N° 04

Ubicación del Fundo	Distrito	Provincia	Vértices	Coordenadas	Metros
Km 28 Carretera Federico Basadre	Campo Verde	Coronel Portillo	D1	525900	m E
				9065540	m N
			D2	525800	m E
				9065540	m N
			D3	525800	m E
				9065440	m N
			D4	525900	m E
				9065440	m N

Fuente: Elaboración Propia



Fuente: Google Earth

Figura 8: Ubicación de la Parcela N° 04 – Km 28 Carretera Federico Basadre

2.1.1.2 Pastizales

Se establecieron (04) hectáreas de pastizal, en las que se establecieron cuatro (04) sub parcelas de 0.25 m^2 para cada sector, es decir 4 repeticiones en cada hectárea lo cual hace una extracción de muestra de 1 m^2 por parcela sumando en total 4 m^2, la extracción de muestras de pastizales se realizó en las zonas contiguas a las áreas determinadas para la evaluación en bosques secundarios.

Estas áreas fueron identificadas y georreferenciadas, se muestran a continuación:



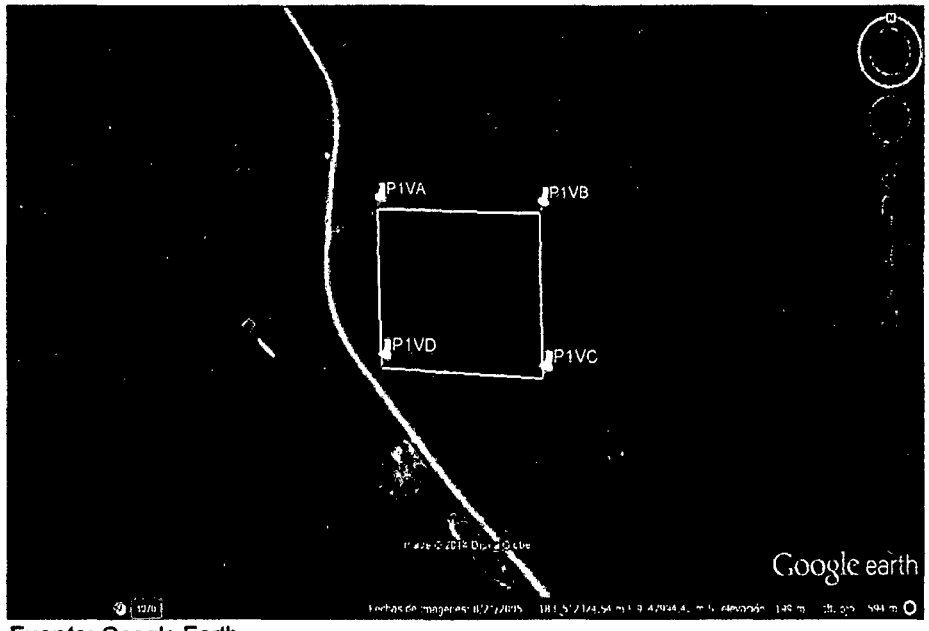
Fuente: Google Earth

Figura 9: Ubicación de las 4 Parcelas de estudio

Cuadro 7: Datos de la Sub-parcela de pastizales N° 01

Ubicación del Fundo	Distrito	Provincia	Vértices	Coordenadas	Metros
Caserio Ciudad de los Incas	Campo Verde	Coronel Portillo	P1VA	512268	m E
				9048059	m N
			P1VB	512368	m E
				9048059	m N
			P1VC	512368	m E
				9047959	m N
			P1VD	512268	m E
				9047959	m N

Fuente: Elaboración Propia



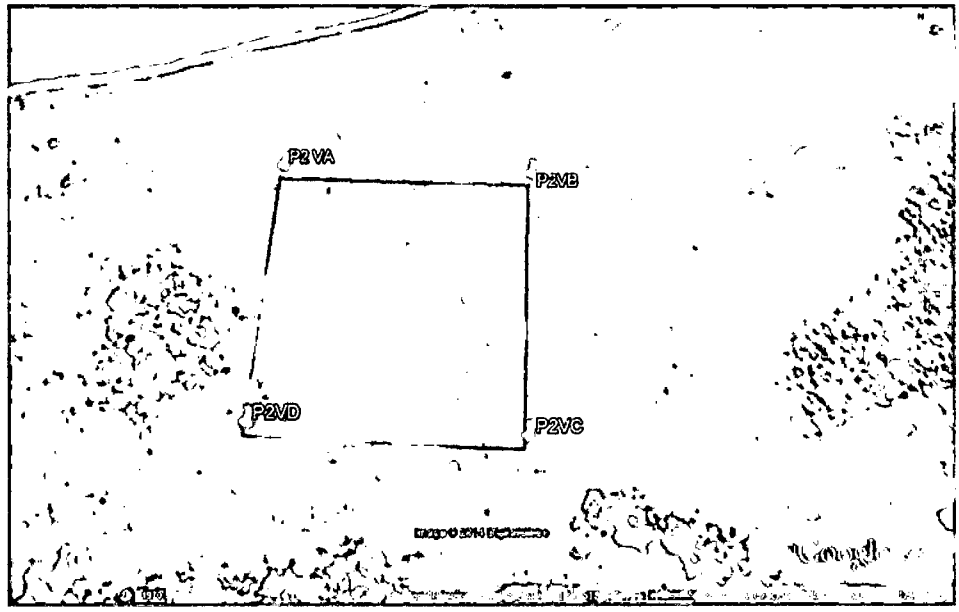
Fuente: Google Earth

Figura 10: Ubicación de la Sub-parcela de Pasto N° 01 – Caserío Ciudad de Los Incas

Cuadro 8: Datos de la Sub-parcela de pastizales N° 02

Ubicación del Fundo	Distrito	Provincia	Vértices	Coordenadas	Metros
Km 7 Carretera a Nueva Requena	Campo Verde	Coronel Portillo	P2VA	518165	m E
				9069901	m N
			P2VB	518265	m E
				9069901	m N
			P2VC	518265	m E
				9069801	m N
			P2VD	518165	m E
				9069801	m N

Fuente: Elaboración Propia



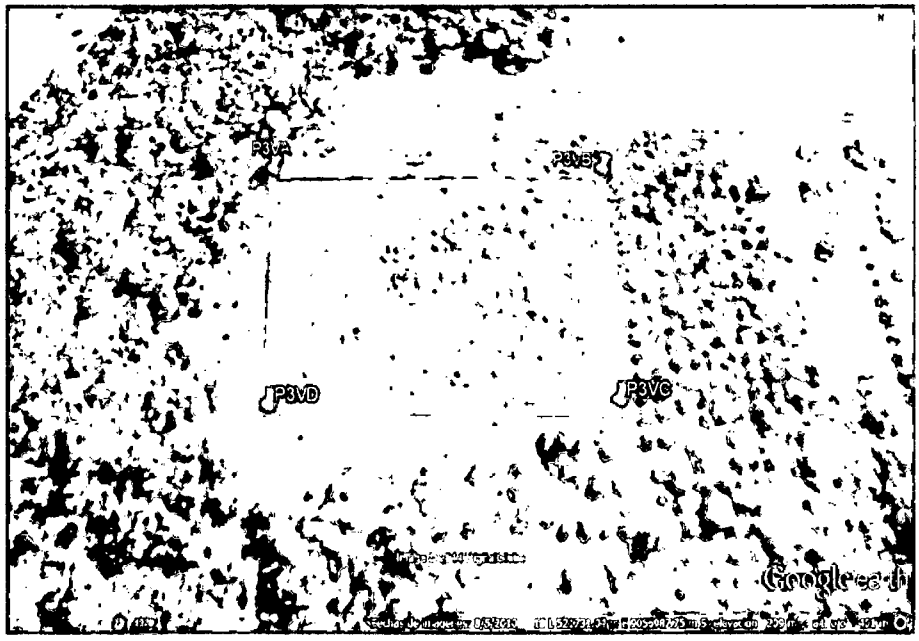
Fuente: Google Earth

Figura 11: Ubicación de la Sub-parcela de Pasto N° 02 – Km 7 Carretera Nueva Requena

Cuadro 9: Datos de la Sub-parcela de pastizales N° 03

Ubicación del Fundo	Distrito	Provincia	Vértices	Coordenadas	Metros
Km 7 Carretera a Tornavista	Campo Verde	Coronel Portillo	P3VA	521673	m E
				9057029	m N
			P3VB	521773	m E
				9057029	m N
			P3VC	521773	m E
				9056929	m N
			P3VD	521673	m E
				9056929	m N

Fuente: Elaboración Propia



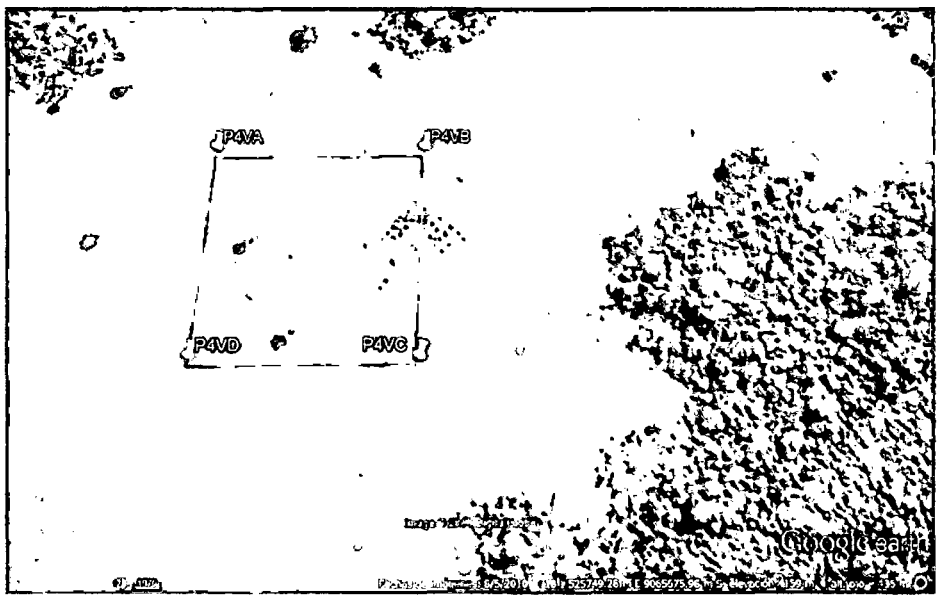
Fuente: Google Earth

Figura 12: Ubicación de la Sub-parcela de Pasto N° 03 – Km 7 Carretera Tornavista

Cuadro 10: Datos de la Sub-parcela de pastizales N° 04

Ubicación del Fundo	Distrito	Provincia	Vértices	Coordenadas	Metros
Km 28 Carretera Federico Basadre	Campo Verde	Coronel Portillo	P4VA	525626	m E
				9065748	m N
			P4VB	525726	m E
				9065748	m N
			P4VC	525726	m E
				9065648	m N
			P4VD	525626	m E
				9065648	m N

Fuente: Elaboración Propia



Fuente: Google Earth

Figura 13: Ubicación de la Sub-parcela de Pasto N° 04 – Km 28 Carretera Federico Basadre.

2.1.2 Condiciones Climáticas

Según la estación meteorológica "Las Palmeras de Ucayali" se reporta para la zona una temperatura media anual de 25,5 °C, con una media máxima de 34,2 °C y media mínima de 18,4 °C. Tiene una precipitación total anual promedio de 2 087,3 mm, y la humedad relativa promedio es de 80.6%.

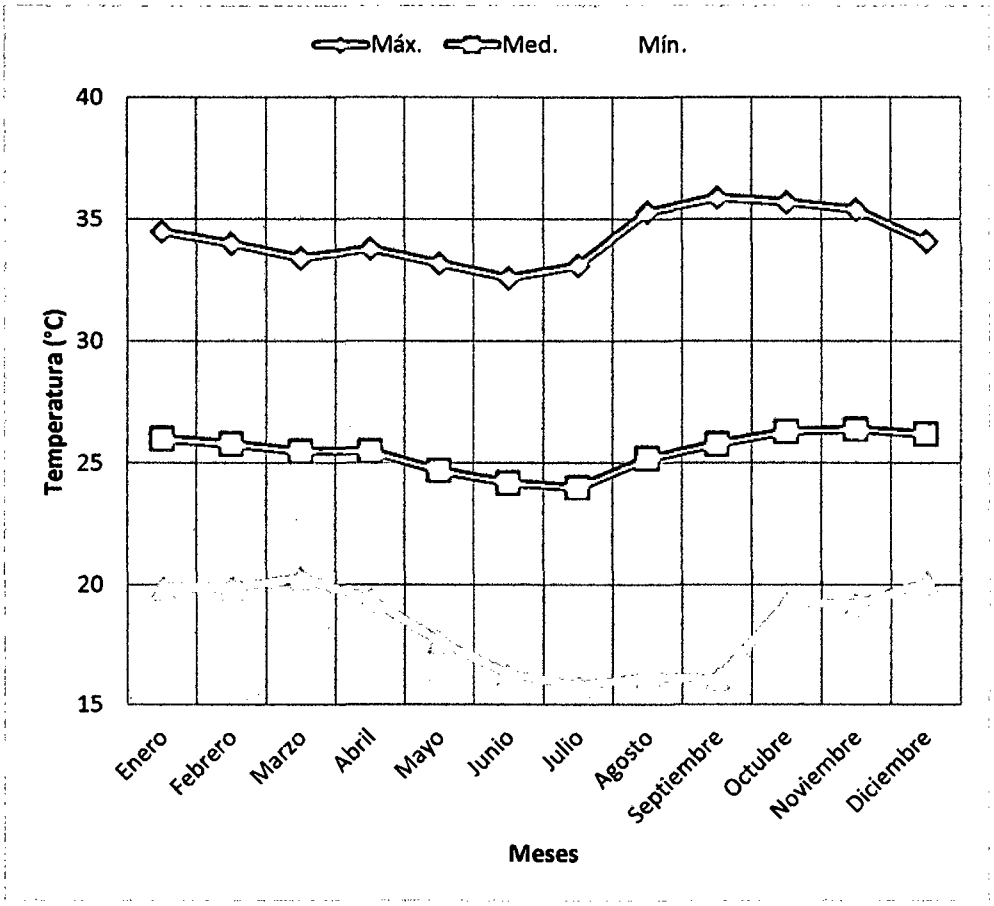
Cuadro 11: Datos Climáticos de Temperatura, Precipitación, Humedad Relativa de la Estación Meteorológica Las Palmeras de Ucayali (Registro: 2000-2010)

Meses	Temperatura (°C)			Precipitación (mm)	Humedad Relativa (%)
	Máx.	Med.	Mín.		
Enero	34,5	26,0	19,9	247,8	82,0
Febrero	34,0	25,8	19,9	268,2	83,7
Marzo	33,4	25,5	20,3	245,4	83,7
Abril	33,8	25,5	19,4	247,7	83,1
Mayo	33,2	24,7	17,7	143,4	81,9
Junio	32,6	24,2	16,3	95,2	81,8
Julio	33,1	24,0	15,8	87,1	78,6
Agosto	35,3	25,2	16,2	62,2	74,4
Setiembre	35,9	25,8	16,1	108,3	76,0
Octubre	35,7	26,3	19,3	155,7	78,3
Noviembre	35,4	26,4	19,2	183,2	80,5
Diciembre	34,1	26,2	20,1	243,1	82,9
Total/Prom.	**34.3**	**25.5**	**18.4**	**2087.3**	**80.6**

Fuente: Estación Meteorológica Las Palmeras de Ucayali

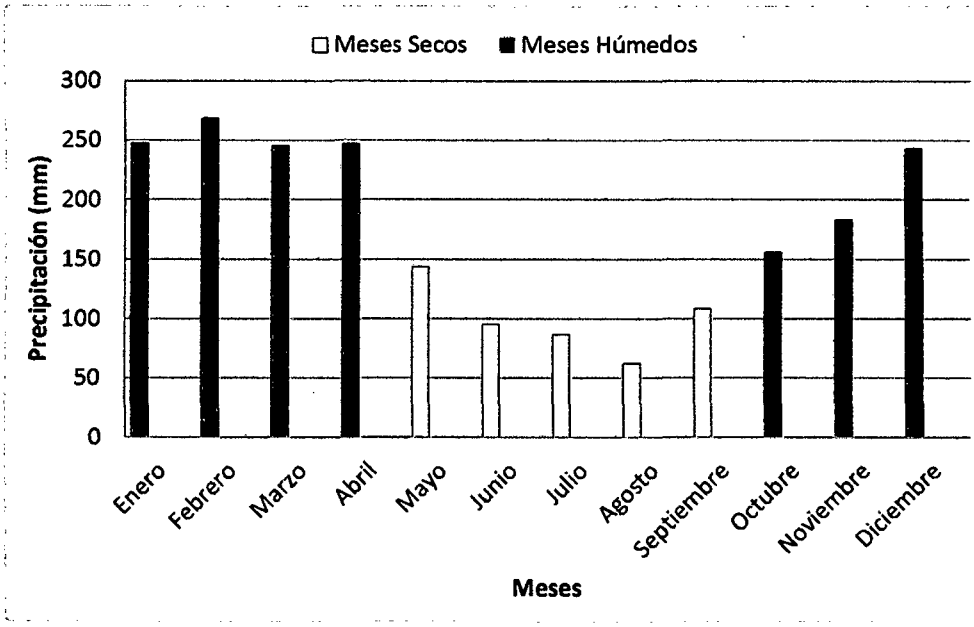
Por otro lado la precipitación representa el parámetro climático más significativo en los trópicos húmedos, ya que su distribución a lo largo del año establece la existencia de las estaciones: húmeda y seca. En este sentido, los meses que reportan menos de 150 mm de media mensual se les considera meses secos y, cuando sobrepasa dicha media pluvial mensual se clasifican como meses húmedos.

Por lo que se reporta en dicha información los meses más lluviosos que superan largamente los 150 mm de media mensual, referidos a los meses de enero, febrero, marzo, abril, octubre, noviembre y diciembre que conforman la estación húmeda. En cambio, los meses que se encuentran por debajo de los 150 mm son mayo, junio, julio, agosto, y setiembre, que conforman definidamente la estación seca, es decir, de menor caída pluvial.



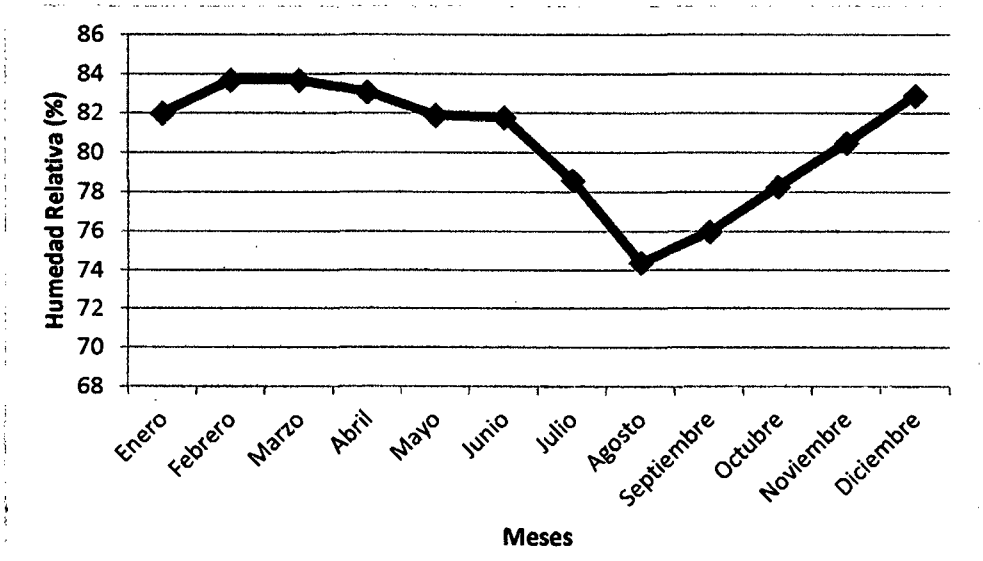
Fuente: Estación Meteorológica Las Palmeras de Ucayali

Figura 14: Temperatura Máxima, Media y Mínima (°C). Estación Meteorológica Las Palmeras de Ucayali (Registro: 2000-2010)



Fuente: Estación Meteorológica Las Palmeras de Ucayali

Figura 15: Precipitación (mm). Estación Meteorológica Las Palmeras de Ucayali (Registro: 2000-2010)



Fuente: Estación Meteorológica Las Palmeras de Ucayali

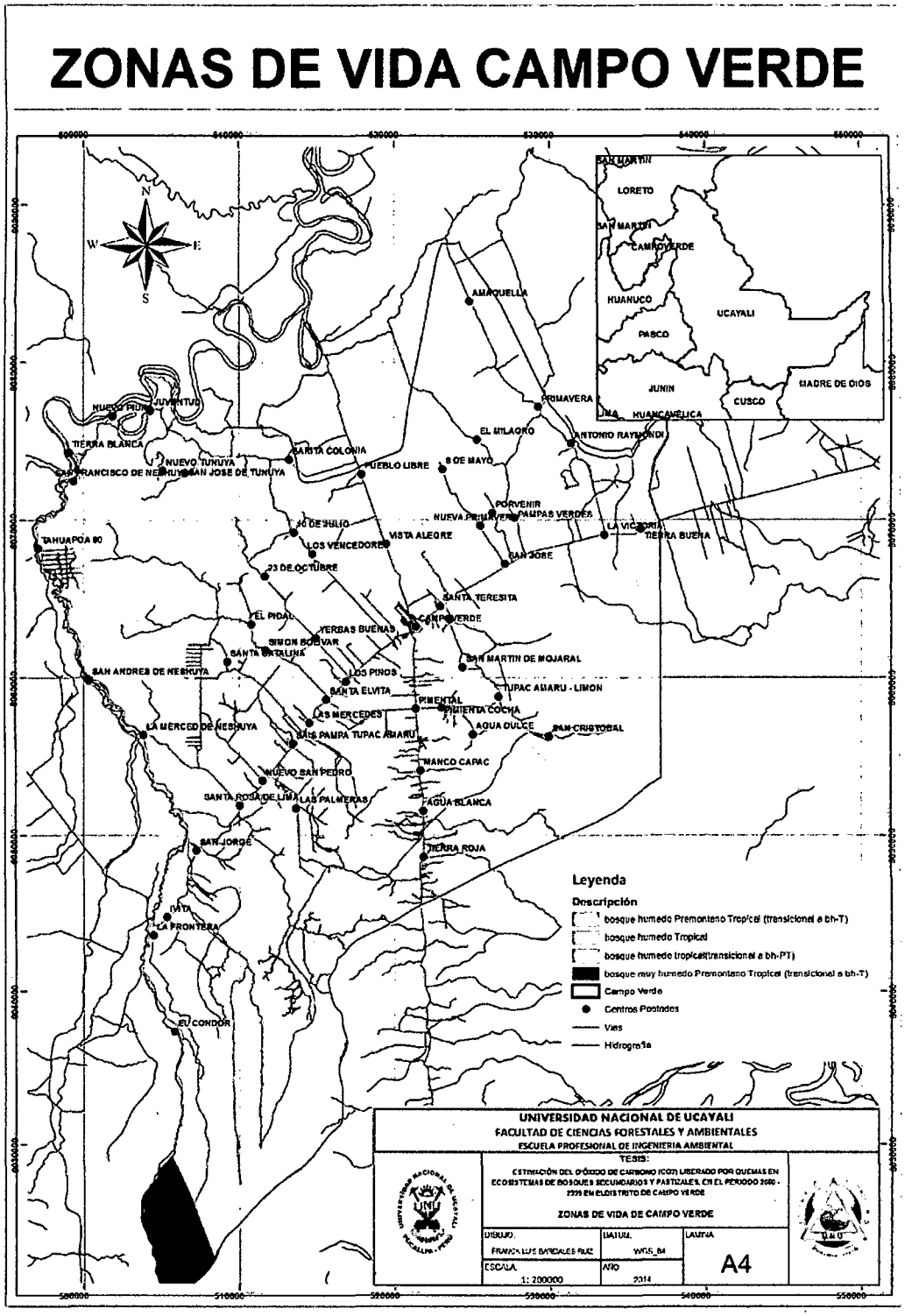
Figura 16: Humedad Relativa (%). Estación Meteorológica Las Palmeras de Ucayali (Registro: 2000-2010)

2.1.3 Zonas de Vida

Según el Mapa Ecológico del Perú (ONERN, 1976), elaborado por el Dr. Leslie R. Holdridge, el Distrito de Campo Verde está influenciada por 4 zonas de vida bien marcadas, entre las que tenemos:

- Bosque Húmedo Premontano Tropical (transicional a bh-T)
- Bosque Húmedo Tropical
- Bosque Húmedo Tropical (transicional a bh-PT)
- Bosque muy Húmedo Premontano Tropical (transicional a bh-T)

De los mencionados el predominante en el Distrito de Campo Verde es el Bosque Húmedo Tropical tal como se puede apreciar en la figura 11, y que se encuentra en Selva Baja por debajo de los 200 msnm, y se caracteriza por poseer el clima clasificado de Húmedo - Cálido, con temperatura media anual variable entre 24°C y 25°C; y precipitación pluvial entre 2 000 y 4 000 mm. Por lo que le corresponde la zona de vida: HUMEDO.



Fuente: Elaboración Propia

Figura 17: Mapa de Zonas de Vida del Distrito de Campo Verde

2.1.4 Fisiografía

La zona en investigación se encuentra en los siguientes componentes fisiográficos (IIAP, 2003):

Gran paisaje	:	Colinosos de la gran penillanura amazónica
Paisaje	:	Colinas del terciario
Subpaisaje	:	Superficie plano onduladas
Elem_paisaje	:	Terrazas onduladas
Relieve	:	Ondulado

2.1.5 Accesibilidad

Las parcelas de estudio se encuentran dispersas, pero se puede acceder a todas ellas a través de la Carretera Federico Basadre, y a través de la Carretera hacia Nueva Requena y la Carretera hacia Tornavista, y una entrada por el km 50 de la CFB.

2.2 METODOLOGÍA

2.2.1 Método de Investigación

En el estudio se empleó el método no experimental-descriptivo, el cual consistió en observar y medir parámetros biométricos y a partir de ellos determinar el carbono almacenado en bosques secundarios y pastizales para luego estimar el potencial de Dióxido de Carbono que se puede liberar por quema de bosques y pastos, el investigador no manipuló las variables en estudio.

2.2.2 Población y Muestra

Población: La población está constituida por el área total de 132 hectáreas, agrupadas en cuatro fundos o parcelas pertenecientes a agricultores colaboradores del proyecto.

Muestra: Estará constituida por un área de 40,000 metros cuadrados, equivalentes a cuatro (04) hectáreas establecidos de la siguiente manera:

- 04 sub parcelas de 10,000 m^2 cada uno con área total de 40,000 m^2 (4 ha) en ecosistemas de bosque secundario.
- 04 sub parcelas de 0.25 m^2 cada uno con área total de 1 m^2 en pastizal.

El método de muestreo utilizado es el no probabilístico de tipo de muestra intencionada. Este tipo de muestra exige un cierto conocimiento del universo, su técnica consiste en que el investigador escoge intencionalmente sus unidades de estudio.

2.2.4 Selección del Sitio

Para la selección de los sitios a evaluar para la determinación de carbono en Bosques Secundarios y Pastizales, se utilizó información cartográfica, por lo cual con la ayuda del Mapa Ecológico del Perú (ONERN, 1976), se logró identificar la zona de vida para la evaluación, esto se realizó con la finalidad de que las unidades de estudios se encuentren con condiciones similares de temperatura, precipitación, humedad, etc.

Asimismo se eligieron predios con las siguientes características principales:

- Bosques Secundarios de 13 a 15 años de edad
- Áreas abandonadas con presencia de pastizales.

2.2.4 Componentes Estudiados

2.2.4.1 Variables Independientes

Y1= Influencia de las quemas

Y2= Determinacion de la Cantidad de Biomasa en Bosques

Y3= Determinación de la cantidad de Biomasa en pastos

2.2.4.2 Variables Dependientes

Lo comprenden las siguientes variables:

X1= Emisión de Carbono durante el periodo 2000-2009 en el Distrito de Campo Verde.

X2= Almacenamiento de Carbono en bosques secundarios del distrito de Campo Verde.

X3= Almacenamiento de Carbono en pastizales del distrito de Campo Verde.

2.2.4.3 Hipotesis

Las quemas de los bosques secundarios y pastizales han liberado aproximadamente 10 millones de toneladas de Dióxido de Carbono durante el periodo 2000-2009 en el Distrito de Campo Verde.

2.2.5 Análisis Estadísticos

Los datos fueron sometidos a un análisis de varianza de un factor (ANOVA) usando el programa estadístico SPSS 19. Las medias fueron separadas por la prueba de Tukey ($p<0.05$), para el cual se utilizo la media armonica de los tamaños de los grupos sometidos a evaluación

debido a que no son iguales, la cantidad de arboles de cada parcela no es la misma.

2.3 INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

2.3.1 Materiales

- Tablero de campo
- Libreta de campo
- Plumón Indeleble
- Sobre de manila
- Rafia
- Estacas
- Spray rojo

2.3.2 Equipos

- GPS
- Brújula
- Cámara Digital
- Balanza
- Estufa

2.3.4 Herramientas

- Cinta métrica
- Wincha
- Machete
- Barreno
- Cilindro pequeño de volumen conocido

2.4 PROCEDIMIENTO DE RECOLECCIÓN DE DATOS

2.4.1 Evaluación del Carbono en Pastizales y Bosques Secundarios

Para medir la cantidad de Carbono presente en bosques secundarios, y pastizales se siguió el procedimiento establecido en la Guia para la determinación de carbono en pequeñas propiedades rurales, publicada por el Centro Mundial Agroforestal (RÜGNITZ, 2009).

Siguiendo lo establecido por la guía, se realizaron los siguientes procedimientos:

2.4.1.1 Carbono en Pastizales (Componente Herbáceo + Suelo):

- **Componente Herbáceo**

La vegetación no arbórea, como plantas herbáceas, arbustivas y gramíneas, está presente en todas las formas de uso del suelo (forestal, agrícola y pasturas).

Para muestreo de las vegetaciones arbustivas de pequeño porte, herbáceas y gramíneas, se realizó mediante el uso de parcelas temporales aleatorias establecidas por medio de un marco cuadrado de 0,25 m^2 (50 cm x 50 cm). El proceso consistió en tirar aleatoriamente el marco dentro de la parcela, y en seguida cortar al ras del suelo todo el material localizado dentro del marco y pesarlo. De cada muestra fresca se obtuvo una sub-muestra (200 g) que fueron guardadas en bolsas (plásticas o de papel) debidamente identificadas, que se llevaron al laboratorio, para secado en horno-estufa de aire forzado a 100 ± 5°C, hasta obtener un peso constante, determinándose así la relación entre materia seca y húmeda, y la cantidad de carbono. Con los valores

obtenidos se calculó el total de toneladas de materia seca por hectárea (t MS/ha) y posteriormente la cantidad de carbono por hectárea (tC/ha).

Se realizarón 4 repeticiones por parcela, lo cual hace un total de 16 repeticiones, sumando un total de 4 m^2 en total.

Para la determinación del carbono se empleo los siguientes pasos:

Cálculo del Carbono en el Componente Herbáceo

Paso 1: Cálculo de la biomasa seca de la muestra.

$$MS_{Muestra} = \left(\frac{PS_{submuestra}}{PF_{submuestra}}\right) \times PF_{muestra}$$

Donde:

$MS_{Muestra}$= Biomasa seca del componente herbáceo (Kg/0.25 m^2).

$PS_{submuestra}$= Peso seco de la submuestra (g).

$PF_{submuestra}$= Peso fresco de la submuestra (g).

$PF_{muestra}$= Peso fresco de la muestra (Kg/0.25 m^2).

Paso 2: Cálculo de la cantidad de carbono en la muestra.

$$\Delta C_{BNmuestra} = MS_{muestra} \times FC$$

Donde:

$\Delta C_{BNmuestra}$= Cantidad de Carbono en la biomasa de la muestra herbácea. (Kg C/0.25 m^2)

FC= Fracción de carbono. El valor estándar del IPCC para FC = 0.5

Fuente: Guia para la determinación de carbono en pequeñas propiedades rurales

Paso 3: Cálculo de la cantidad de carbono en el componente herbáceo en toneladas de carbono por hectárea.

$$C_{Herbácea} = \left[\frac{Area\ Estudio}{0.25\ m^2}\right] \times \left[\Delta CBNmuestra \times \frac{1t}{1000kg}\right]$$

Donde:

$C_{Herbácea}$= Cantidad de carbono en el componente herbáceo en tC/ha

Área Estudio: Área que ocupa el componente herbáceo que para efectos de la presente investigación se trabajara con 1 hectárea (10,000 m^2)

1000= Factor de conversión de kilogramos a Toneladas

Fuente: Guia para la determinación de carbono en pequeñas propiedades rurales

- **Suelo de Pastizales**

  Este Muestreo consistió en tomar 4 muestras de suelo en cada una de las 4 parcelas de estudio a profundidades de 0-15 cm y 15-30 cm. Para determinar el contenido de C, las muestras fueron secadas a una temperatura ambiente durante tres días, posteriormente se molió, homogenizó y tamizó para finalmente ser analizadas en el laboratorio de suelos de la Universidad Nacional de Ucayali determinar el contenido de carbono (%) por el método de Walkley Black.

Cálculo del Carbono en el Suelo

$$CS = \%CS \times DA \times P$$

Donde:

CS= Carbono en el suelo (tC/ha)

%CS= Contenido de carbono en el suelo (%)

DA= Densidad Aparente

P= Profundidad de muestreo (cm)

Fuente: Guia para la determinación de carbono en pequeñas propiedades rurales

Las muestras de suelo para determinar la densidad aparente (DA) se realizaron en un laboratorio de suelos. Se utilizó el método del cilindro de volumen conocido, las muestras fueron secadas a una temperatura de 100 ± 5°C, hasta alcanzar peso constante.

Cálculo para determinar la densidad aparente del suelo

$$DA = \frac{Peso\ del\ suelo\ seco}{volumen\ del\ cilindro}$$

El volumen del cilindro fue calculado por medio de la siguiente fórmula:

$$V = \pi r^2 h$$

Donde, r equivale al radio (en cm) y h a la altura (en cm).

Fuente: Guia para la determinación de carbono en pequeñas propiedades rurales

2.4.1.2 Carbono en Bosque Secundario (Biomasa Viva + Necromasa + Suelo)

- **Biomasa Viva**

  Se realizó un inventario forestal de una hectárea por parcela, con el fin de evaluar las especies en dos grupos, el primero correspondiente a fustales y el segundo a latizales, este inventario lo realizo un técnico especialista en inventarios el Tecnico Forestal HERS FREDY CHECCALLE TANG, el cual tiene una amplia experiencia haciendo inventarios para concesiones forestales.

  Para el caso de los fustales se determinó la Biomasa mediante la relación existente entre el volumen del árbol y su densidad básica, y luego se determinó la cantidad de carbono.

Mientras que para el caso de los latizales y brinzales se empleó la ecuación alométrica planteado por RÜGNITZ (2009), en la Guía para la Determinación de Carbono en Pequeñas Propiedades Rurales, la cual está en función únicamente del DAP, y en función a la zona de vida del estudio.

Se empleo la siguiente ecuación alométrica:

Cálculo para determinar Carbono en la Biomasa Viva

Paso 1: Calculo de la Biomasa Viva en Bosque Secundario

$$Y = \exp [-2{,}289 + 2{,}649 \cdot \ln (dap) - 0{,}021 \cdot (\ln (dap))^2]$$

Y = materia seca sobre el suelo, en kg de materia seca por árbol

dap = diámetro a la altura del pecho, en cm

ln = logaritmo natural;

exp = "elevado a la potencia de"

Paso 2: Cálculo de la biomasa arbórea por hectárea

$$B_A = \left[\frac{\sum AU}{1000}\right] \times \left[\frac{10000}{Area\ de\ la\ Parcela}\right]$$

Donde:

BA = Biomasa arbórea sobre el suelo (t MS/ha);

∑AU = Sumatoria de la biomasa arbórea de todos los árboles de la parcela (kg M.S./área de la parcela);

Factor 1000 = Conversión de las unidades de la muestra de kg MS/t MS

Factor 10000 = Conversión del área (m2) a hectárea

Paso 3: Cálculo del Stock de carbono en la biomasa arbórea por hectárea.

$$\Delta C_{BA} = BA \times FC$$

Donde:

ΔC_{BA}= Cantidad de Carbono en la biomasa viva (tC/ha);

B_A = Biomasa viva (tMS/ha);

FC= Fracción de carbono (tC/tMS). El valor estándar del IPCC para FC = 0.5

Fuente: Guia para la determinación de carbono en pequeñas propiedades rurales

- **Necromasa**

Para muestreo de hojarasca se utilizaron parcelas temporales aleatorias demarcadas utilizando un marco cuadrado de 0,25 m^2 (50 cm x 50 cm). Para el caso de muestreo de hojarasca en áreas forestales, estas parcelas fueron sub-parcelas localizadas en el interior de la propia parcela forestal establecida para el inventario.

El proceso consistió en colectar todo el material localizado dentro de la parcela (marco). De cada muestra es hecha una sub-muestra (200 g) que fue guardada en bolsas (plásticas o papel) debidamente identificada y fueron enviadas al laboratorio para secado en horno o en una estufa de aire forzado a 100 ± 5°C, hasta obtenerse un peso constante. Se determinó así la relación entre cantidad de humedad y la cantidad de carbono. Con los valores obtenidos se calculó el total de toneladas de materia seca por hectárea (t. MS /ha) y posteriormente se calculó la cantidad de carbono por hectárea (t. C /ha).

Cálculo del Carbono en la Necromasa

Paso 1: Cálculo de la biomasa seca de la muestra.

$$MS_{(bm)} = \left(\frac{PS_{submuestra}}{PF_{submuestra}}\right) \times PFT$$

Donde:

$MS_{(bm)}$= Materia Seca de la Biomasa muerta (Kilogramos).

$PS_{submuestra}$= Peso seco de la submuestra (g).

$PF_{submuestra}$= Peso fresco de la submuestra (g).

PFT= Peso Fresco Total

Fuente: Guia para la determinación de carbono en pequeñas propiedades rurales

Paso 2: Cálculo de la cantidad de carbono en la muestra.

$$\Delta C_{BNmuestra} = MS_{(bm)} \times FC$$

Donde:

$\Delta C_{BNmuestra}$= Cantidad de Carbono en la biomasa de la muestra herbácea. (Kg C/0.25 m^2)

FC= Fracción de carbono. El valor estándar del IPCC para FC = 0.5

Paso 3: Cálculo de la cantidad de carbono en el componente herbáceo en toneladas de carbono por hectárea.

$$C_{Herbácea} = \left[\frac{Area\ Estudio}{0.25\ m^2}\right] \times \left[\Delta CBNmuestra \times \frac{1t}{1000kg}\right]$$

Donde:

C_{bm}= Cantidad de carbono en la Biomasa Muerta en tC/ha

Área Estudio: Se calculara el valor para 1 hectárea (10,000 m^2)

1000= Factor de conversión de kilogramos a Toneladas

- **Suelo en Bosque Secundario**

Este Muestreo consistió en tomar dos (02) muestras de suelo en cada una de las cuatro (04) parcelas de estudio a profundidades de 0-15 cm y 15-30 cm. Para determinar el contenido de C, las muestras fueron secadas a una temperatura ambiente durante tres días, posteriormente se molió, homogenizó y tamizó para finalmente ser analizadas en el laboratorio de suelos de la Universidad Nacional de Ucayali determinar el contenido de carbono (%) por el método de Walkley Black.

Cálculo del Carbono en el Suelo

$$CS = \%CS \times DA \times P$$

Donde:

CS= Carbono en el suelo (tC/ha)

%CS= Contenido de carbono en el suelo (%)

DA= Densidad Aparente

P= Profundidad de muestreo (cm)

Fuente: Guia para la determinación de carbono en pequeñas propiedades rurales

Las muestras de suelo para determinar la densidad aparente (DA) se realizaron en un laboratorio de suelos. Se utilizó el método del cilindro de volumen conocido, las muestras fueron secadas a una temperatura de 100 ± 5°C , hasta alcanzar peso constante.

Cálculo para determinar la densidad aparente del suelo

$$DA = \frac{Peso\ del\ suelo\ seco}{volumen\ del\ cilindro}$$

El volumen del cilindro fue calculado por medio de la siguiente fórmula:

$$V = \pi r^2 h$$

Donde, r equivale al radio (en cm) y h a la altura (en cm).

Fuente: Guia para la determinación de carbono en pequeñas propiedades rurales

2.4.2 Evaluación del Dióxido de Carbono equivalente en Bosques Secundarios y Pastizales

Una tonelada de carbono equivale a 3,67 toneladas de CO_2e (obtenido en razón de los pesos moleculares 44/12). Para saber la cantidad de CO_2e emitido o almacenado a partir de la cantidad de carbono de un determinado depósito se debe multiplicar esta por 3,67.

Cálculo del Dióxido de Carbono Equivalente

$$\text{Dioxido de Carbono} = Cc \times 3.67$$

Donde:

CO_2 = Cantidad de Dióxido de carbono (tCO_2/ha/año)

Cc = Carbono Calculado (tC/ha/año)

3.67= Factor de conversión a carbono equivalente (CO_2)

Fuente: Guia para la determinación de carbono en pequeñas propiedades rurales

2.4.3. Área de Bosques Secundarios y Pastizales perdida por quemas

Se revisó la base de datos del Geoservidor del Ministerio del Ambiente con respecto a los cambios de cobertura de Bosque a No Bosque y deforestación durante el periodo 2000 – 2009, procesándose en gabinete mediante el software ArcGIS 10.2, y mediante el análisis cartográfico y espacial se determinó la tasa de deforestación durante el periodo mencionado, con el cual se hizo una determinación por año, y teniendo en cuenta que la causa principal de perdida de bosques es con fines de ampliación de la frontera agrícola y que la forma tradicional de establecer este tipo de cultivos es mediante la tumba, rosa y quema.

III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1 ESTIMACIÓN DEL CARBONO EN BOSQUES SECUNDARIOS

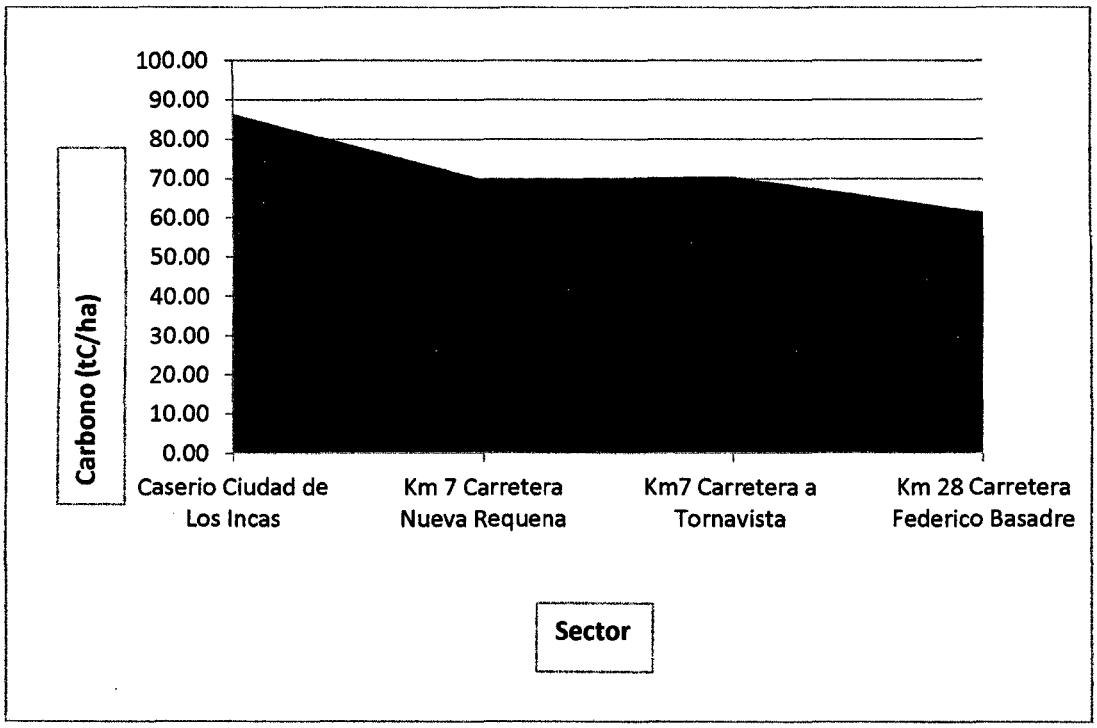
- **Resultado**

En el *Cuadro 12*, se muestran los valores de la cantidad de carbono almacenado en bosques secundarios de 13 a 15 años de edad en promedio, teniendo los siguientes resultados evaluados en cuatro (04) sectores, para el sector del Caserío de Ciudad de Los Incas se tiene un valor de 86.46 tC/ha, seguido del sector del Km 7 de la carretera a Tornavista con 70.57 tC/ha, mientras que en el sector del Km7 de la carretera a Nueva Requena se obtuvo un valor de 69.88 tC/ha y finalmente el sector del km 28 de la Carretera Federico Basadre se determinó 61.33 tC/ha. Siendo el promedio obtenido de 72.06 tC/ha.

Cuadro 12: Carbono total en bosques secundarios

Distrito	Sector	Carbono Total en Bosque Secundario(tC/ha)
Campo Verde	Caserío Ciudad de Los Incas	86.46
	Km 7 Carretera Nueva Requena	69.88
	Km7 Carretera a Tornavista	70.57
	Km 28 Carretera Federico Basadre	61.33
Promedio		**72.06**

Fuente: Elaboración Propia



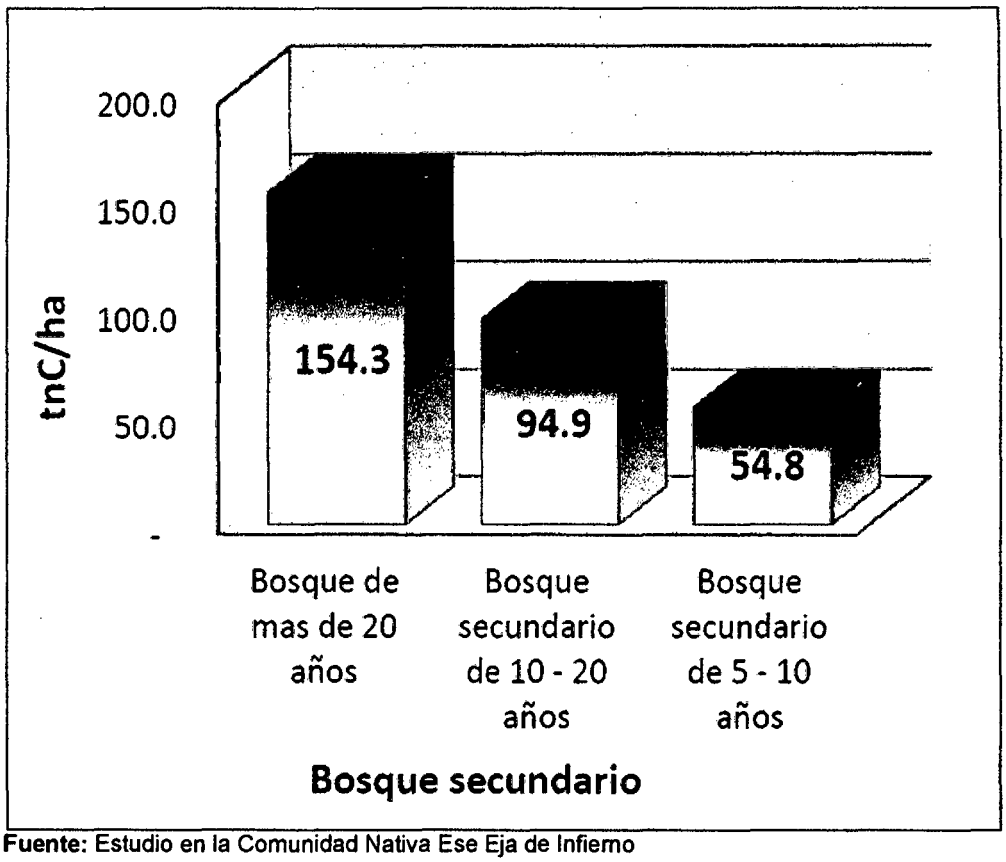
Fuente: Elaboración Propia

Figura 18: Distribución en barras del carbono total almacenado en bosque secundario

Discusión

En el año 2012, el Proyecto "Gestión Forestal Sostenible y Aprovechamiento de los Servicios Ecosistémicos en los Bosques Administrados por la Comunidad Nativa Ese Eja de Infierno, Perú, realizó el estudio "Estimación del Carbono Almacenado en la Biomasa del Bosque de la Comunidad Nativa Ese´Esja de Infierno-Madre de Dios, Perú" , cuyos resultados para bosques secundarios de 10 a 20 años de edad fue de 94.9 tC/ha, valor cercano al promedio determinado en el Distrito de Campo Verde que fue de 72.06 tC/ha, pero sin embargo cabe acotar que en las características principales de los bosques en el caso de Campo Verde es la gran actividad antropogénica de carácter agrícola prevaleciente en la zona y si bien es cierto que los bosques son de 13 a 15 años pero el nivel de carbono diferirá debido a los usos que el ser humano le dé al

suelo, existiendo grandes pérdidas de carbono al cambiar el uso del suelo de carácter forestal a un suelo de carácter agrícola.



Fuente: Estudio en la Comunidad Nativa Ese Eja de Infierno

Figura 19: Carbono en Bosques Secundarios según edad

Por otro lado MAGDALENA et al. (2002), en un estudio realizado en bosques secundarios en la zona noroccidental de Ecuador, se tiene un valor de 105 tC/ha, valor un poco superior a lo obtenido en la presente investigación, sin embargo es necesario precisar que la evaluación del estudio ecuatoriano fue en bosques de más de 20 años mientras que la evaluación de la presente investigación los bosques se encontraban entre los 13 y 15 años de edad.

En otro estudio desarrollado por ALEGRE et al. (2002), en diferentes sistemas de uso de la tierra evaluado en Pucallpa, se registraron los siguientes resultados:

Cuadro 13: Reservas de Carbono (tC/ha) en la biomasa aérea y del suelo en diferentes SUT en Pucallpa, Perú.

SUT	Árbol	Soto bosque	Hojarasca	Raíz	Suelo	Total tC/ha
BOSQUE						
Bosque primario no tocado	160,10	0,83	0,73	2,61	76,81	241,10
Bosque primario extracción selectiva	120,30	0,69	1,83	3,48	47,03	173,30
BARBECHOS						
Bosque secundario 15 años	121,00	2,21	2,85	1,04	68,33	172,30
Bosque secundario 3 años	13,2	1,83	5,90	0,28	19,63	40,80
PASTOS						
Pastura degradada	0,00	2,42	0,68	0,68	35,74	39,50
PLANTACIÓN						
Plantación de Hevea de 30 años	66,60	0,91	6,47	0,35	78,20	152,60
Plantación de palma aceitera	0,00	37,24	4,14	0,71	57,15	99,20

(a) Raíces de 0 a 20 cm de profundidad

(b) Profundidad del suelo de 0 a 40 cm.

Según ALEGRE et al. (2002) indica que la acumulación de biomasa de los bosques depende de la edad del bosque, tipo de suelo, clima y manejo, y es preciso mencionar que los remanentes de bosques secundarios en el distrito de Campo Verde se encuentran altamente intervenidos por la acción antrópica.
Para la determinación del carbono almacenado en bosques secundarios se evaluaron los siguientes Estratos:

- Biomasa Viva
- Necromasa
- Suelo

En cada uno de los mencionados estratos se determinó el Carbono almacenado que sumado nos dieron los resultados presentados en el *Cuadro 12*, a manera de brindar mayor detalle de la información obtenida por cada estrato, los resultados se muestran a continuación:

3.1.1 Carbono en la Biomasa Viva

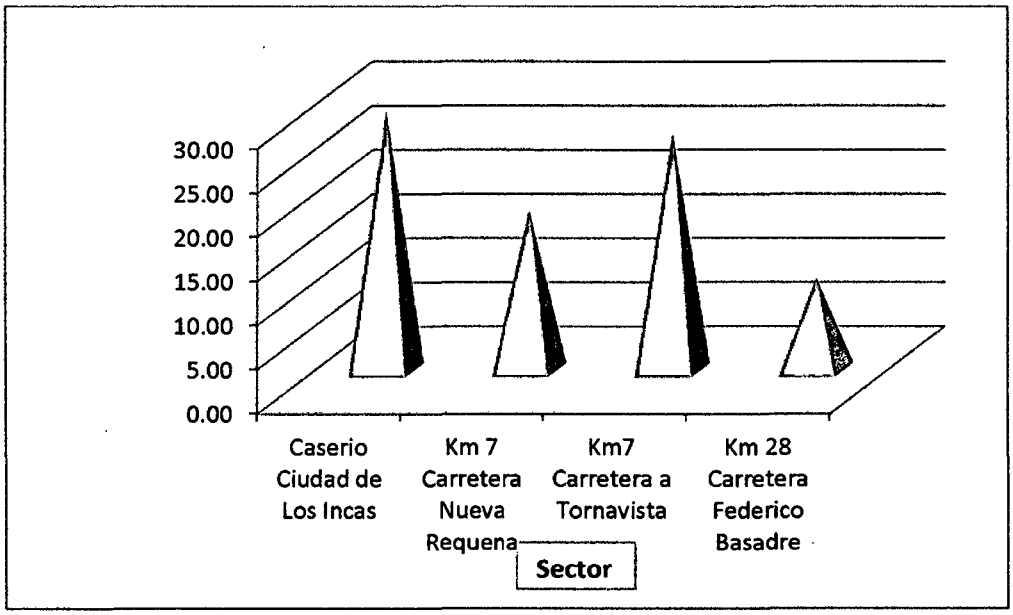
En el *Cuadro 14,* se muestran los valores de la cantidad de carbono almacenado en la Biomasa viva, así mismo en la *Figura 19*, se puede visualizar gráficamente la distribución en barras de dichos contenidos evaluados en bosques secundarios en el Distrito de Campo Verde.

Los valores obtenidos de la cantidad de carbono en la biomasa viva de bosques secundarios en el sector del Caserío Ciudad de Los Incas fue de 29.32 tC/ha siendo el de mayor almacenamiento, seguido del sector localizado en el Km 7 Carretera a Tornavista con 26.88 tC/ha, seguido por el sector del Km 7 de la Carretera Nueva Requena con 18.11 tC/ha, y el de menor almacenamiento en biomasa viva fue el sector del Km 28 de la Carretera Federico Basadre con 10.46 tC/ha. El promedio de almacenamiento en la Biomasa Viva fue de 21.19 tC/ha.

Cuadro 14: Carbono almacenado en la Biomasa viva de un bosque secundario

Distrito	Sector	Carbono en la Biomasa Viva(tC/ha)
Campo Verde	Caserío Ciudad de Los Incas	29.32
	Km 7 Carretera Nueva Requena	18.11
	Km7 Carretera a Tornavista	26.88
	Km 28 Carretera Federico Basadre	10.46
Promedio		**21.19**

Fuente: Elaboración Propia



Fuente: Elaboración Propia

Figura 20: Distribución en barras del carbono almacenado en la biomasa viva en bosque secundario

Se sometió a las parcelas evaluadas a un análisis de varianza, en la cual debido a la variación de los universos de cada parcela, por lo que el análisis de varianza (Prueba de Tukey, $p<0.05$) se realizó con las medias armónicas, en el que las parcelas de los sectores de la Km 7 de la carretera a Tornavista y Km 28 de la Carretera Federico Basadre son las parcelas

que estadísticamente más difieren entre sí, debido a que la densidad boscosa de la parcela 4 (KM 28 CFB) es mucho menor en cuanto a especies y DAP, esto se explica porque este remanente de bosque secundario se encuentra altamente intervenido por actividades antropogénicas.

3.1.2 Carbono en la Necromasa

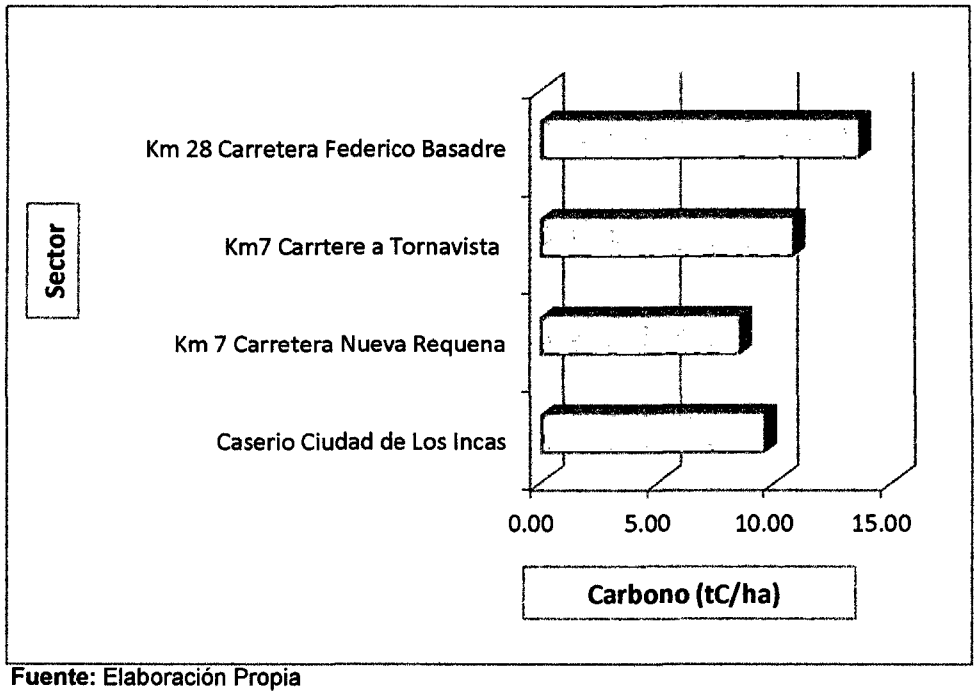
En el *Cuadro 15,* se muestran los valores de la cantidad de carbono almacenado en la Necromasa de un bosque secundario, así mismo en la *Figura 20,* se puede visualizar gráficamente la distribución en barras de dichos contenidos evaluados en bosques secundarios en el Distrito de Campo Verde.

Los valores obtenidos de la cantidad de carbono en la Necromasa de bosques secundarios en el sector del Caserío Ciudad de Los Incas fue de 9.54 tC/ha, seguido del sector localizado en el Km 7 Carretera a Tornavista con 10.75 tC/ha, seguido por el sector del Km 7 de la Carretera Nueva Requena con 8.51 tC/ha, y finalmente el sector del Km 28 de la Carretera Federico Basadre con 13.60 tC/ha. El promedio de almacenamiento en la Necromasa fue de 10.60 tC/ha.

Cuadro 15: Carbono almacenado en la Necromasa de un bosque secundario

Distrito	Sector	Carbono en la Necromasa (tC/ha)
Campo Verde	Caserío Ciudad de Los Incas	9.54
	Km 7 Carretera Nueva Requena	8.51
	Km 7 Carretera a Tornavista	10.75
	Km 28 Carretera Federico Basadre	13.60
Promedio		**10.60**

Fuente: Elaboración Propia



Fuente: Elaboración Propia

Figura 21: Distribución en barras del carbono almacenado en la Necromasa en bosque secundario

3.1.3 Carbono en el Suelo

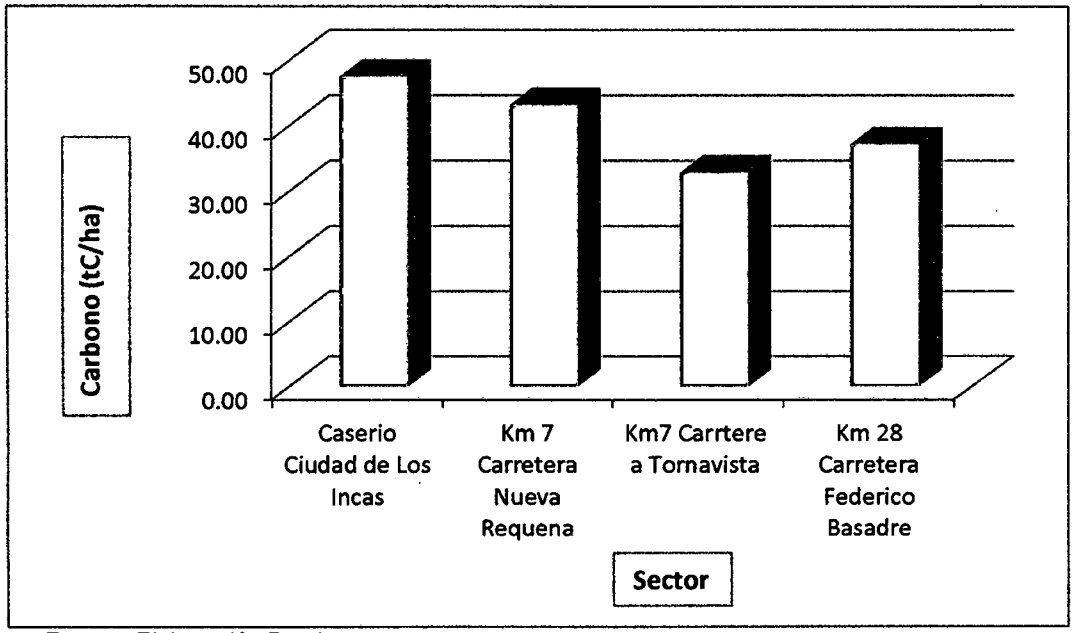
En el *Cuadro 16,* se muestran los valores de la cantidad de carbono almacenado en el suelo de un bosque secundario, así mismo en la *Figura 21,* se puede visualizar gráficamente la distribución en barras de dichos contenidos evaluados en bosques secundarios en el Distrito de Campo Verde.

Los valores obtenidos de la cantidad de carbono en el suelo de bosques secundarios en el sector del Caserío Ciudad de Los Incas fue de 47.59 tC/ha, seguido del sector localizado en el Km 7 Carretera a Tornavista con 32.94 tC/ha, seguido por el sector del Km 7 de la Carretera Nueva Requena con 43.26 tC/ha, y finalmente el sector del Km 28 de la Carretera Federico Basadre con 37.27 tC/ha. El promedio de almacenamiento en el suelo fue de 40.27 tC/ha.

Cuadro 16: Carbono almacenado en el suelo de un bosque secundario

Distrito	Sector	Carbono en Suelo (tC/ha)
Campo Verde	Caserío Ciudad de Los Incas	47.59
	Km 7 Carretera Nueva Requena	43.26
	Km7 Carretera a Tornavista	32.94
	Km 28 Carretera Federico Basadre	37.27
Promedio		**40.27**

Fuente: Elaboración Propia



Fuente: Elaboración Propia

Figura 22: Distribución en barras del carbono almacenado en el suelo en bosque secundario

3.2 ESTIMACIÓN DEL CARBONO EN PASTIZALES

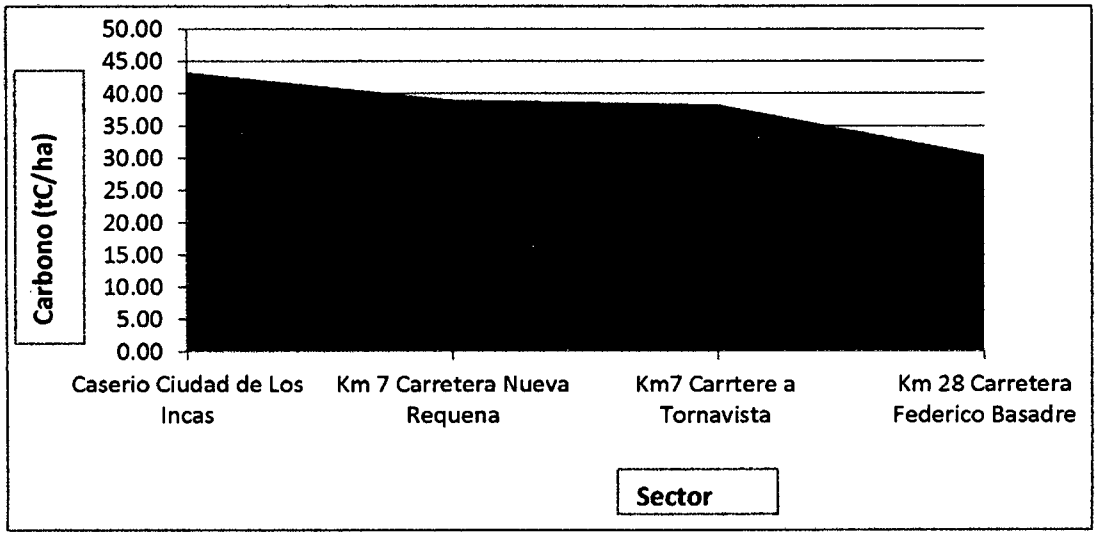
En el *Cuadro 17,* se muestran los valores de la cantidad de carbono almacenado en pastizales se obtuvieron los siguientes resultados evaluados en cuatro (04) sectores, para el sector del Caserío de Ciudad de Los Incas tenemos un valor

de 43.31 tC/ha, seguido del sector del Km 7 de la carretera a Tornavista con 38.36 tC/ha, mientras que en el sector del Km7 de la carretera a Nueva Requena se obtuvo un valor de 39.14 tC/ha y finalmente el sector del km 28 de la Carretera Federico Basadre se determinó 30.47 tC/ha. Siendo el promedio obtenido de 37.82 tC/ha.

Cuadro 17: Carbono total en Pastizales

Distrito	Sector	Carbono Total en pastizal (tC/ha)
Campo Verde	Caserío Ciudad de Los Incas	43.31
	Km 7 Carretera Nueva Requena	39.14
	Km7 Carretera a Tornavista	38.36
	Km 28 Carretera Federico Basadre	30.47
Promedio		**37.82**

Fuente: Elaboración Propia



Fuente: Elaboración Propia

Figura 23: Distribución en barras del carbono total en Pastizales

Para la determinación del carbono almacenado en Pastizales se evaluaron los siguientes Estratos:

- Pasto
- Suelo

En cada uno de los mencionados se determinó el carbono almacenado que sumado nos dieron los resultados presentados en el *Cuadro 17*, a manera de mayor detalle de la información obtenida por cada estrato, los resultados se muestran a continuación:

3.2.1 Carbono en el Pasto

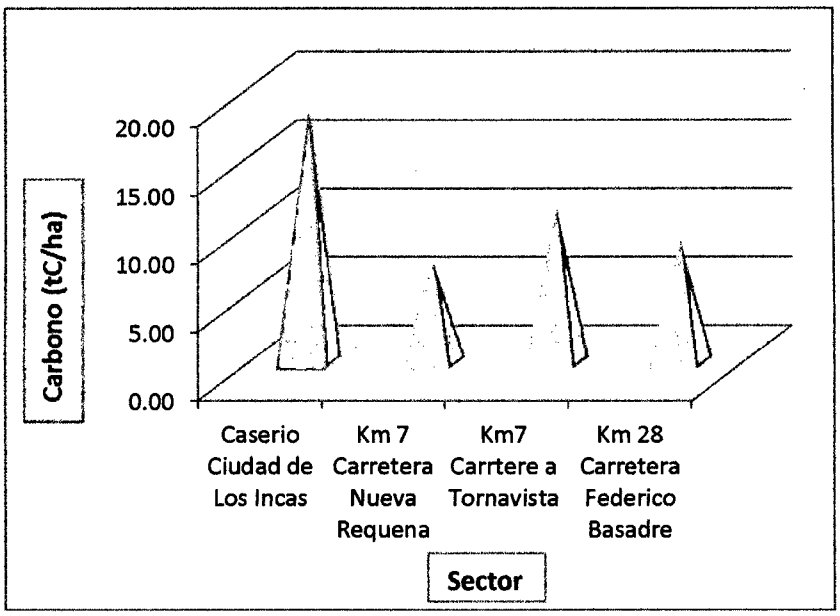
En el *Cuadro 18,* se muestran los valores de la cantidad de carbono almacenado en pastos, así mismo en la *Figura 23,* se puede visualizar gráficamente la distribución en barras de dichos contenidos evaluados en los pastos en el Distrito de Campo Verde.

Los valores obtenidos de la cantidad de carbono en pastizales en el sector del Caserío Ciudad de Los Incas fue de 18.19 tC/ha, seguido del sector localizado en el Km 7 Carretera a Tornavista con 11.29 tC/ha, seguido por el sector del Km 7 de la Carretera Nueva Requena con 7.53 tC/ha, y finalmente el sector del Km 28 de la Carretera Federico Basadre con 8.95 tC/ha. El promedio de almacenamiento en el pasto fue de 11.49 tC/ha.

Cuadro 18: Carbono almacenado en Pastos

Distrito	Sector	Carbono en Pasto (tC/ha)
Campo Verde	Caserío Ciudad de Los Incas	18.19
	Km 7 Carretera Nueva Requena	7.53
	Km 7 Carretera a Tornavista	11.29
	Km 28 Carretera Federico Basadre	8.95
Promedio		**11.49**

Fuente: Elaboración Propia



Fuente: Elaboración Propia

Figura 24: Distribución en barras del carbono almacenado Pastos

3.2.2 Carbono en el Suelo

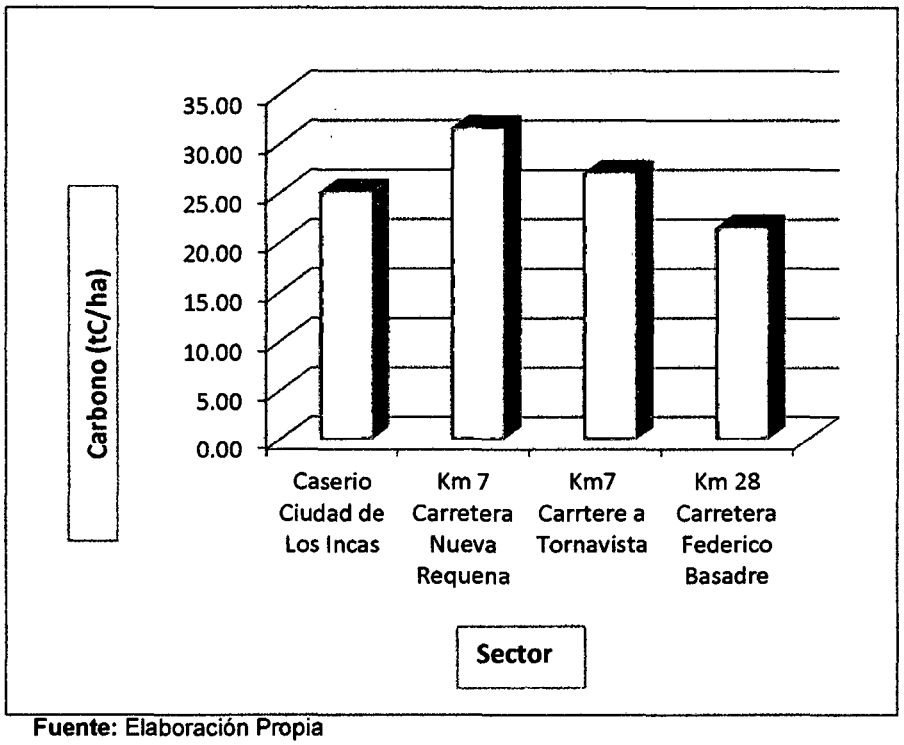
En el *Cuadro 19*, se muestran los valores de la cantidad de carbono almacenado en el suelo de pastizales, así mismo en la *Figura 24,* se puede visualizar gráficamente la distribución en barras de dichos contenidos evaluados en bosques secundarios en el Distrito de Campo Verde.

Los valores obtenidos de la cantidad de carbono en pastizales en el sector del Caserío Ciudad de Los Incas fue de 25.12 tC/ha, seguido del sector localizado en el Km 7 Carretera a Tornavista con 27.07 tC/ha, seguido por el sector del Km 7 de la Carretera Nueva Requena con 31.61 tC/ha, y finalmente el sector del Km 28 de la Carretera Federico Basadre con 21.52 tC/ha. El promedio de almacenamiento en el suelo fue de 26.33 tC/ha.

Cuadro 19: Carbono almacenado en el suelo de Pastizales

Distrito	Sector	Carbono en el Suelo (tC/ha)
Campo Verde	Caserío Ciudad de Los Incas	25.12
	Km 7 Carretera Nueva Requena	31.61
	Km7 Carretera a Tornavista	27.07
	Km 28 Carretera Federico Basadre	21.52
Promedio		**26.33**

Fuente: Elaboración Propia



Fuente: Elaboración Propia

Figura 25: Distribución en barras del carbono almacenado en el suelo de pastizales

3.3. ESTIMACIÓN DEL DIÓXIDO DE CARBONO

En los ítems 3.1 y 3.2 se presentaron los resultados obtenidos de la fijación de carbono en bosques secundarios característicos del Distrito de Campo verde y asimismo se calculó la cantidad de carbono almacenado en pastizales, a partir de los mencionados resultados podemos calcular la cantidad de Dióxido de Carbono Equivalente (CO_2), en bosques secundarios y pastizales tal como se muestra a continuación:

3.3.1 Dióxido de Carbono en Bosques Secundarios

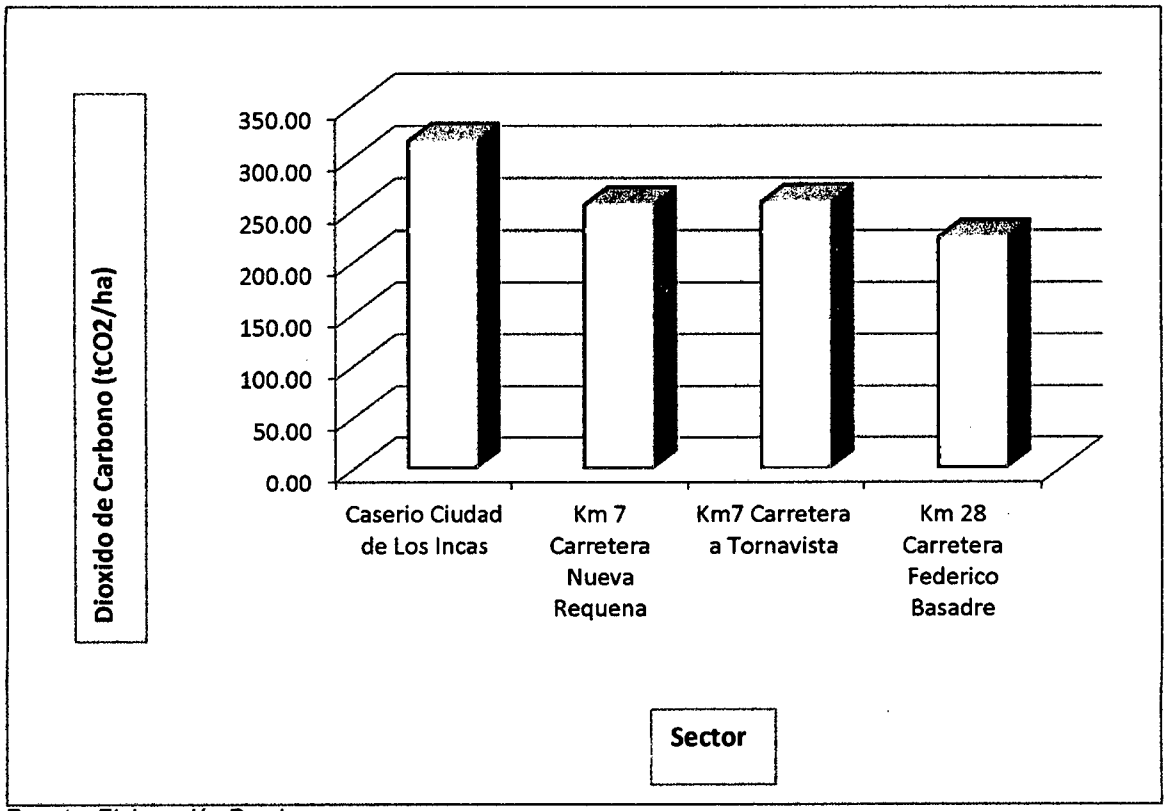
En el *Cuadro 20,* se muestran los valores del Dióxido de Carbono equivalente calculado a partir del dato de carbono en bosques secundarios mostrados en las Figura 17.
En las *Figura 25,* se puede visualizar gráficamente la distribución en barras de dichos contenidos evaluados en bosques secundarios en el Distrito de Campo Verde.

Los valores obtenidos de la cantidad de Dióxido de Carbono equivalente en bosques secundarios carbono en pastizales en el sector del Caserío Ciudad de Los Incas fue de 317.01 tCO_2/ha, seguido del sector localizado en el Km 7 Carretera a Tornavista con 258.76 tCO_2/ha, seguido por el sector del Km 7 de la Carretera Nueva Requena con 256.21 tCO_2/ha, y finalmente el sector del Km 28 de la Carretera Federico Basadre con 224.87 tCO_2/ha. El promedio de Dióxido de Carbono Equivalente en Bosques Secundarios fue de 264.21 tC/ha.

Cuadro 20: Dióxido de Carbono Equivalente en Bosques Secundarios

Distrito	Sector	Carbono Total en Bosque Secundario(tC/ha)	Dióxido de Carbono Equivalente (tCO_2/ha)
Campo Verde	Caserío Ciudad de Los Incas	86.46	317.01
	Km 7 Carretera Nueva Requena	69.88	256.21
	Km7 Carretera a Tornavista	70.57	258.76
	Km 28 Carretera Federico Basadre	61.33	224.87
Promedio		**72.06**	**264.21**

Fuente: Elaboración Propia



Fuente: Elaboración Propia

Figura 26: Dióxido de Carbono Equivalente en Bosques Secundarios

3.3.2 Dióxido de Carbono en pastizales

En el *Cuadro 21*, se muestran los valores del Dióxido de Carbono equivalente calculado a partir del dato de Carbono en bosques secundarios mostrados en la *Figura 22.*

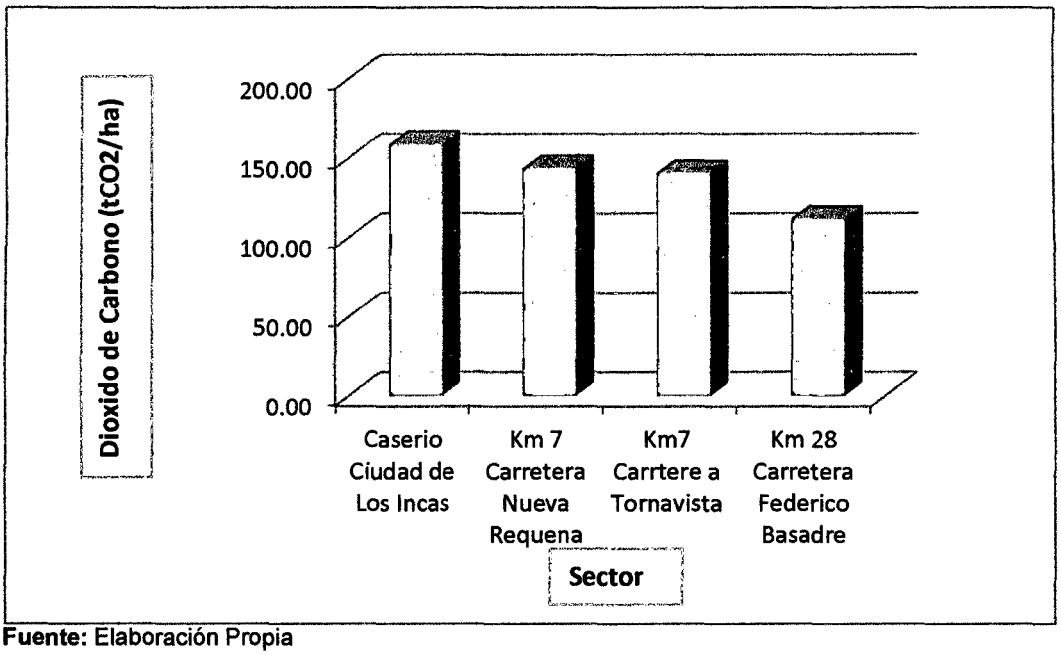
En la *Figura 26, se* visualiza gráficamente la distribución en barras de dichos contenidos evaluados en pastizales en el Distrito de Campo Verde.

Los valores obtenidos de la cantidad de Dióxido de Carbono equivalente en pastizales en el sector del Caserío Ciudad de Los Incas fue de 158.82 tCO_2/ha, seguido del sector localizado en el Km 7 Carretera a Tornavista con 143.52 tCO_2/ha, seguido por el sector del Km 7 de la Carretera Nueva Requena con 140.64 tCO_2/ha, y finalmente el sector del Km 28 de la Carretera Federico Basadre con 111.72 tCO_2/ha. El promedio de Dióxido de Carbono equivalente en pastizales fue de 138.67 tC/ha.

Cuadro 21: Dióxido de Carbono Equivalente en Pastizales

Distrito	Sector	Carbono Total en pastizal (tC/ha)	Dióxido de Carbono Equivalente (tCO_2/ha)
Campo Verde	Caserío Ciudad de Los Incas	43.31	158.82
	Km 7 Carretera Nueva Requena	39.14	143.52
	Km7 Carretera a Tornavista	38.36	140.64
	Km 28 Carretera Federico Basadre	30.47	111.72
Promedio		**37.82**	**138.67**

Fuente: Elaboración Propia

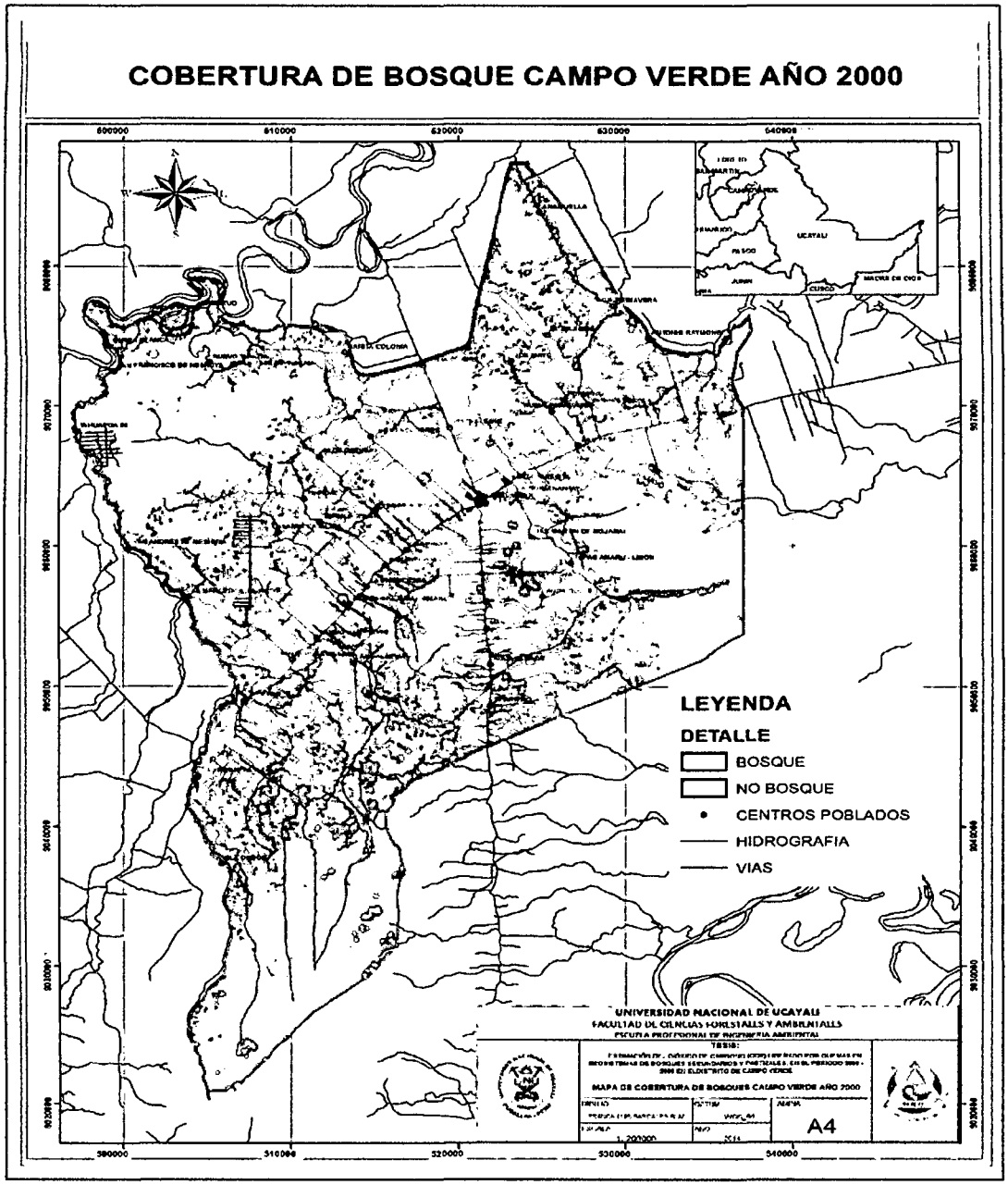


Fuente: Elaboración Propia

Figura 27: Dióxido de Carbono Equivalente en Pastizales

3.4 HECTÁREAS PERDIDAS POR QUEMA DE BOSQUES Y PASTOS

En base al procesamiento de la data grafica descargada del Geoservidor del Ministerio del Ambiente se obtuvo que para el año 2000 la cobertura de bosque del Distrito de Campo Verde era de 73,608.86 ha, el cual se tomo como año base para la presente Investigacion, en la *Figura 27*, se observa la distribucion espacial de la cobertura boscosa y no boscosa.

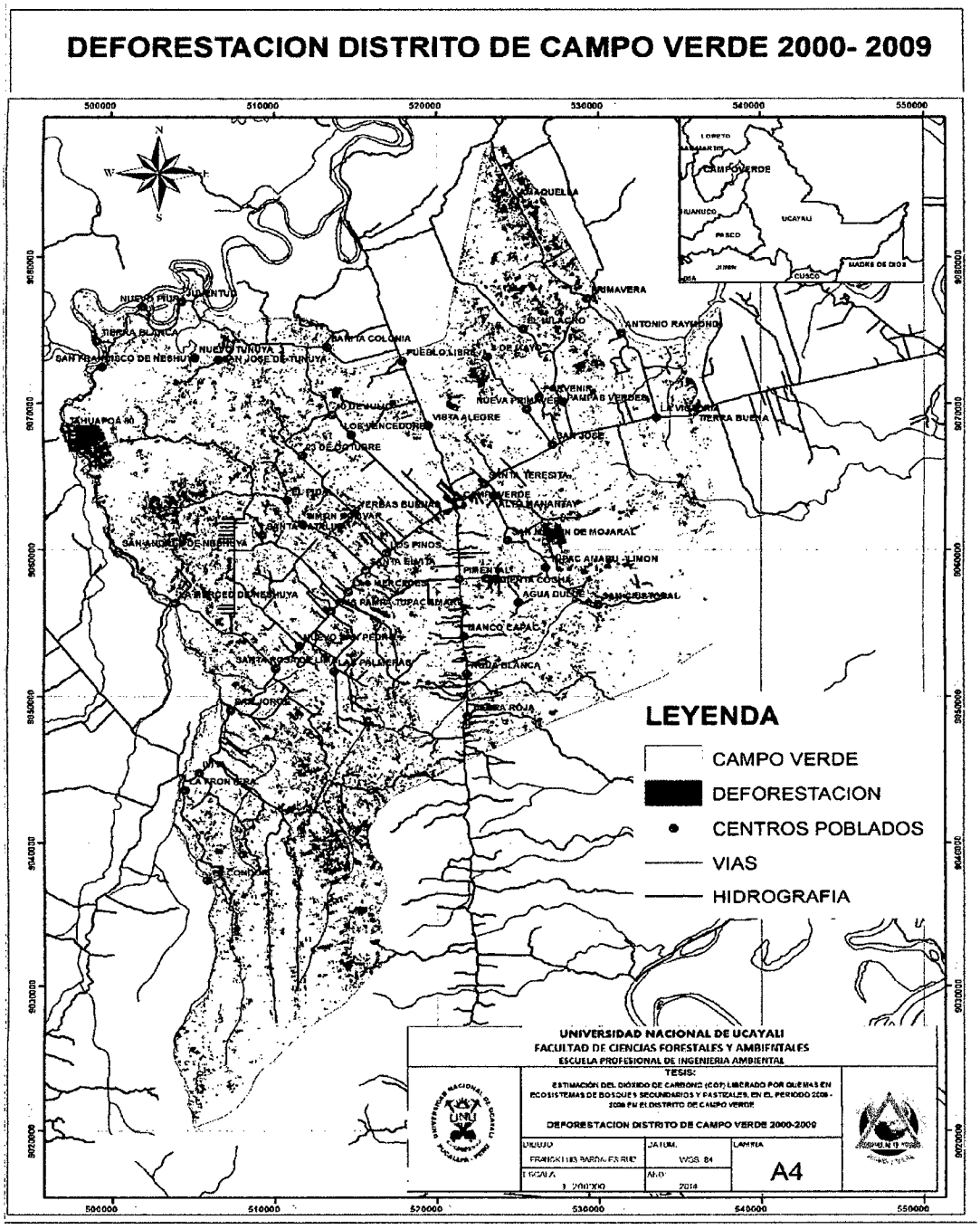


Fuente: Elaboración Propia

Figura 28: Cobertura de Bosque Año 2000 en Campo Verde

Asimismo se procesó la data base de deforestación de los años 2000 al 2009 para el distrito de campo verde obteniéndose una tasa de deforestación de

1647.12 ha/ año. En la *Figura 28*, se muestra la deforestación en el periodo 2000-2009.



Fuente: Elaboracion Propia

Figura 29: Tasa de Deforestación Periodo 2000 -2009 en Campo Verde

Se obtuvo la deforestación anual del Distrito de Campo Verde según la tasa calculada en dicho periodo tal como se muestra en el Cuadro 22:

Cuadro 22: Deforestación Anual según Tasa Calculada

Cobertura	Año 2000	Año 2001	Año 2002	Año 2003	Año 2004	Año 2005	Año 2006	Año 2007	Año 2008	Año 2009
Bosque	73608.86	71961.74	70314.62	68667.50	67020.38	65373.26	63726.14	62079.02	60431.90	58784.78
No Bosque	55166.46	56813.58	58460.70	60107.82	61754.94	63402.06	65049.18	66696.30	68343.42	69990.54
Tasa de Deforestación (ha/año)	1647.12									

Fuente: Elaboracion Propia

Tal como se puede apreciar en el periodo correspondiente a los años 2000 – 2009 es decir en un periodo de nueve (09) años se han deforestado 14, 824.12 hectáreas en el Distrito de Campo Verde, según la información brindada por el Ministerio del Ambiente se indica que en casi todos los casos de las áreas deforestadas se ha hecho el proceso de tumba, rosa y quema con fines de ampliación de la frontera agrícola y apertura de nuevas vías.

3.5 EMISIONES DE DIÓXIDO DE CARBONO POR AÑO

3.5.1 Emisiones de Dióxido de Carbono por año en Bosques Secundarios

En el ítem 3.3.1, se determinó que la cantidad de Dióxido de Carbono equivalente promedio determinado es de 264.21 tCO_2/ha y además se determinó que las hectáreas perdidas de Bosques Secundarios por quemas con fines de ampliación de la Frontera Agrícola fue de 14, 824.12

hectáreas, en consecuencia teniendo este resultado se determinó que el Distrito de Campo Verde ha emitido aproximadamente 3, 916, 680.75 tCO_2 por quema de bosques secundarios en el Periodo 2000 – 2009.

Lo cual señala una tasa de emisión de 435, 186.75 tCO_2/año en el Distrito de Campo Verde.

3.5.2 Emisiones de Dióxido de Carbono por año en Pastizales

Los bosques secundarios al ser quemados para ser convertidos en cultivos agrícolas, logrando así el cambio de uso del mismo, prosigue con un proceso de establecimiento de algún tipo de cultivo que según información brindada por la Dirección Regional de Agricultura de Ucayali solo produce durante 3 años a lo mucho y, posteriormente estas áreas son abandonadas, hasta que se regeneren en un periodo de 7 a 8 años que pasan a convertirse en purma, si es que el agricultor o parcelero no realiza alguna actividad ganadera, y caso contrario el mismo realiza quemas esporádicas con fines de limpieza del área de las cuales no se lleva registro alguno, por lo que cuantificar las hectáreas de pastizales que se queman anualmente es difícil de realizar.

IV. CONCLUSIONES

1. Los Bosques Secundarios de 13 a 15 años de edad en los sectores estudiados, acumularon 72.06 tC/ha, distribuidos de la siguiente manera: biomasa viva: 21.19 tC/ha (29.41% del total); Necromasa: 10.60 tC/ha (14.71%) y el resto quedo almacenado en el suelo con 40.27 tC/ha (55.88%).

2. Los Pastizales en los sectores estudiados, acumularon 37.82 tC/ha, distribuidos de la siguiente manera: Pasto: 11.49 tC/ha (30.38% del total); y el resto quedo almacenado en el suelo con 26.33 tC/ha (69.62%).

3. El potencial de emisión de Dióxido de Carbono en bosques secundarios en el distrito de Campo Verde es de 264.21 tCO2/ha, mientras que en pastizales el potencial de emisión es de 138.67 tCO_2/ha.

4. La tasa de deforestación calculada para el Distrito de Campo Verde es de 1647.12 ha/año para el periodo 2000 – 2009, teniendo un deforestación total de 14, 824.12 ha, asociado al cambio de uso del suelo para establecimiento de cultivos agrícolas que se establecen mediante la tumba, rosa y quema.

5. En el Distrito de Campo Verde se han emitido aproximadamente 3, 916, 680.75 tCO_2 por quema de bosques secundarios entre los años 2000 – 2009. La emisión anual es de 435, 186.75 tCO_2/ año.

6. Es necesario restaurar y recuperar áreas deforestadas y degradadas, con el fin de secuestrar mayores cantidades de dióxido de carbono para acceder a mercados de carbono para obtener pagos por bonos de carbono con el fin de mejorar la sostenibilidad del manejos de bosques y así contribuir a la disminución de los niveles de dióxido de carbono presente en la atmosfera.

V. BIBLIOGRAFÍA

1. ALEGRE, J.; AREVALO, Y. RICSE A.2002. Reservas de carbono y emisión de gases con diferentes sistemas de uso de la tierra en dos sitios de la Amazonia peruana.

2. ALVAREZ, N. 2005. Fijación de carbono en la biomasa y en el suelo de especies forestales nativas en el trópico húmedo. Trabajo de graduación presentado como requisito parcial para optar el título de Ingeniero Agrónomo. Universidad EARTH. Guácimo. Costa Rica. 11-13 p

3. ARAUJO, T. ; HIGUCHI N.; CARVALHO, J. 1999. Comparison of formula for biomass content determination in a tropical rain forest site in the state of Par. Brazil. Forest Ecology and Management 117: 43-52

4. BATTLE, M. 2000. Global carbon sinks and their variability inferred from atmospheric O_2 and 13C, Science 287: 2467-2470

5. BEGON, M; HARPER, J; TOWNSEND, C.R. 1996. Ecology: individuals, populations and communities. Oxford, Blackwell scientific publications. 876 p.

6. BROWN, S. 1997. Estimating biomass and biomass change of tropical forests. A primer. Roma, Italia. FAO.55p. (Informe Montes N° 134).

7. BROWN, P.; CABARLE, B.; LIVERNASH, R.1997. Carbon counts: Estimating climate change mitigation in forestry projects. Estados Unidos, World Resources Institute. 25 p.

8. CIESLA, W. 1996. Cambio Climatico y Ordenacion Forestal: una visión en conjunto. Roma: Estudios FAO, Montes, no 120.146 p.

9. CONFEDERACION PERUANA DE LA MADERA. 2008. Compendio de Información Técnica de 32 especies forestales. Lima. CITE MADERA. Tomo II. 74 p.

10. EAMUS, K. ; MCGUINNESS, W.; BURROWS. 2000. Review of allometric relationships for estimating Woody biomasa for Queensland, the northern territory and western Australia. National Cabon accounting system. 56 p. (Technical report N° 5).

11. EMRICH, A. et al 2000. The Significance of Secondary Forest Management for Development Policy. TOB Series No FTWF-18e. GTZ, Eschborn, Germany, 180pp.

12. ERICKSON, J. 1992. El efecto invernadero: el desastre del mañana, hoy. Madrid: McGraw-Hill/ Interamericana. 217p.

13. FAO.2005. Informe Nacional Complementario Argentina: Proyectos Fijacion de Carbono. Disponible en: http://www.fao.org/documents/show_cdr.asp?url_file=/DOCREP/006/J2053S/j2053s09.htm.

14. FAO (ORGANIZACIÓN DE LA NACIONES UNIDAS PARA LA AGRICULTURA Y LA ALIMENTACIÓN). 2006. La Evaluación del almacenamiento del carbono en el suelo y los principales cambios. UN Food and Agriculture Organization disponible en www. fao.org/docrep/005/Y2779S/y2779s06.htm (15/02/2008).

15. FERNÁNDEZ, W. 1991. Cambios Climáticos: el calentamiento global. Tecnología en marcha, 11(2): 11 – 22.

16. FINEGAN, B. 1997. Bases ecológicas: los ambientes tropicales y el ajuste de los organismos. Turrialba, Costa Rica. CATIE.

17. FINEGAN, B; DELGADO, D. 1997. Ciclos y flujos de materia y energía: Ecosistema, océano y atmósfera. Bases Ecológicas. Turrialba, Costa Rica. CATIE. p. 11-15.

18. FRANCIS, J.2000. Estimating biomass and carbon content of saplings in Puerto Rican secondary forests. *Caribbean Journal of Science* 36(3-4): 36 - 350.

19. FOLEY, et al. 2005. Global Consequences of Land Use. Science 309,570. DOI: 10.1126/science.1111772.

20. GIBBS, H.K.; BROWN, S.; NILES J.O.; FOLEY J.A. 2007. Monitoring and estimating tropical forest carbon stocks: making REDD+ a reality. Environ. Res.Lett. 2 045023 (13pp).

21. GOREU. 2013. Gerencia Regional de Recursos Naturales y Gestión del Medio Ambiente.

22. GOREU. 2014. Proyecto Desarrollo de Capacidades para el Ordenamiento Territorial de la Región Ucayali.

23. IIAP, 2012. Global Wood density database. Documento Excel. Disponible en http://www.iiap.org.pe/Upload/Taller_CARBONO/practicas/Tema%204/2%20GlobalWoodDensityDatabase.xls

24. IPCC. 2003. The governmental Panel on Climate Change: Good practice guidance for land use, land-use change and forestry. Disponible en http://www.ipcc-nggip-iges.or.jp

25. IPCC. 2005. Panel Intergubernamental sobre cambio climático: La captación y el almacenamiento de dióxido de carbono. Resumen para responsables de políticas.Informe del Grupo de trabajo III del IPCC. [Metz, B; Davidson, A; de Coninck, H; Loos, M; Meyer, L. (eds.)]. 66 p.

26. IPCC. 2007. Panel Intergubernamental sobre cambio climático. Climate Change 2007: The Scientific Basis Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Alley, R; Berntsen, T; Bindoff, N; Chen, Z; Chidthaisong, A; Friedlingstein, P; Gregory, J. This Summary for Policymakers was formally approved at the 10th Session of Working Group I of the IPCC, Paris, February 2007. 18 p.

27. IPCC.2007. The Suplementary Report to the IPCC Scientific Assesment. Inglaterra. Cambridge University Press.

28. JANSSENS, L. 2003. Europe's terrestrial biosphere absorbs 7 to 12% of European anthropogenic CO_2 emissions, Science Express 72: 124-128

29. JOOS, F. 1999. The variability in the carbon sink as recostructed for the last 1000 years, Geophysical Research Letters 26: 1437-1440.

30. JOOS, F. 2003. Trends in marine dissolved oxygen: implications for ocean circulation changes and the carbon budget, EOS. 197 p.

31. KYRKUND, B. 1990. Como pueden contribuir los bosques y las industrias forestales a reducer el exceso de anhídrido carbónico en la atmósfera. Unasylva 41 (163): 2-15.

32. KAUFMANN, R. 2004. The effect of growing season and summer greennesson northern forests, Geophysical Research Letters 31: 346-351.

33. KEELING, R.F. 1996. Global and hemispheric CO_2 sinks deduced from changes inatmosphere O_2 concentration, Nature 381: 218-221.

34. LAL.R., KIMBLE, J. 1998. Need for research and need for action. In: Management Sequestration in soil. CRC Press, Boca Raton, Florida. p447-454.

35. LAPEYRE, T.; ALEGRE, J.; AREVALO, L. 2004. Determinación de la reservas de carbono de la biomasa aérea, en diferentes sistemas de uso de la tierra en San Martin, Perú.

36. Magdalena et al. 2002. Estimación de Carbono en biomasa de bosques secundarios y plantaciones forestales en el Noroccidente de Ecuador. GTZ. Serie N° TOB TWF-31s. 42p.

37. MARENA. 1999. Guía para comprender el Cambio Climático en Nicaragua. Programa Ambiental Nicaragua-Finlandia. Proyecto de Apoyo a la Implementaron de la Convención Marco de Cambio Climático y del Protocolo de Montreal. Managua, Nicaragua, Noviembre 1999.

38. MENA, V. 2008. Relación entre el carbono almacenado en la biomasa total y la composición fisionómica de la vegetación en los sistemas agroforestales con café y en bosques secundarios del Corredor Biológico Volcánica Central-Talamanca, Costa Rica. 90p.

39. MINISTERIO DEL AMBIENTE. (2012). "Memoria técnica de la cuantificación de los cambios de la cobertura de bosque a no bosque por deforestación en el ámbito de la amazonia peruana, periodo 2000-2009." from http://geoservidor.minam.gob.pe/geoservidor/archivos/memoria/MEMORIA_TECNICA_ANALISIS_2009_2011.pdf.

40. NACIONES UNIDAS.1998. Protocolo de Kyoto de la conversión marco de las naciones unidas sobre el cambio climático. 3p.

41. Nekrásov, B. 1981. Química general cuarta edición, editorial Limusa "MIR" Moscú, URSS. 378 p.

42. ONERN. 1976. Mapa Ecológico del Perú. Elaborado DR. Leslie R. Holdridge.

43. PNUMA. 1998. La lucha contra el cambio climático: El compromiso del Parlamento Latinoamericano. Buenos Aires.174p.

44. PROYECTO "GESTIÓN FORESTAL SOSTENIBLE Y APROVECHAMIENTO DE LOS SERVICIOS ECOSISTÉMICOS EN LOS BOSQUES ADMINISTRADOS POR LA COMUNIDAD NATIVA ESE EJA DE INFIERNO. 2012. Estimación del Carbono Almacenado en la Biomasa del Bosque de la Comunidad Nativa Ese´Esja de Infierno, Madre de Dios, Perú. 49p

45. RAITSOS, D. 2005. Extending the SeaWifs chlorophyll data set back 50 years in the northeast Atlantic, Geophysical Research Letters, L06603.

46. RAMÍREZ, P. 1997. Efecto invernadero guerra declarada. Revista forestal Centro Americana. Edición 19. CATIE, Costa Rica. pp. 41-42.

47. RÜGNITZ, M. T.; CHACON, M. L.; PORRO R. 2009. Guía para la Determinación de Carbono en Pequeñas Propiedades Rurales –1. Ed. – Lima, Perú.: Centro Mundial Agroforestal (ICRAF)/ Consorcio Iniciativa Amazónica (IA). 79p.

48. SABINE, C. 2004, The Oceanik sink for anthropogenic CO_2, Science 305: 367-371.

49. SCHIMEL. D.S; HOUSE. J.I; BOUSQUET. K.A; CIAIS. P; PEYLIN. P; BRASWELL. B.H; APPS.B.J; BEKER. D; BONDEAU. A; CANADELL. J; CHURQUINA.G; CRAMAER. W; DENNING. A.S; FIELD. C.B. 2001. Recent patterns and mechanisms of carbón of sxhange by terrestial ecosystems. Nature 414: 169-172.

50. SEGURA, M. 2005. Estimación del carbono almacenado y fijado en sistemas agroforestales indígenas con cacao en la zona de Talamanca, Costa Rica. Informe final de consultoria. 129 p.

51. SEGURA, M; ANDRADE H. 2008. Cómo construir modelos alométricos de volumen, biomasa o carbono de especies leñosas perennes. Agroforestería en las Américas 46: 89-96.

52. SEGURA, M; KANNINEN, M. 2005. Allometric models for tree volume and total aboveground biomass in a tropical humid forest in Costa Rica. Biotropica 37(1): 2-8.

53. SEGURA, M; KANNINEN, M; SUÁREZ, D. 2006. Allometric models for estimating aboveground biomass of shade trees and coffee bushes grown together. Agroforestry Systems 68:143-150.

54. VITOUSEK, P.M. 1994. Beyond global warming ecology and global change. Ecology 75 (7): 1861-1876.

55. WADSWORTH, F.H. 2000. Producción forestal para América Tropical. Manual de agricultura 710-S. United States Department of Agriculture (USDA), Forest Service. Washington DC, US. 563 p.

56. WIKIPEDIA. 2012. Calentamiento Global. Consultado el 25 de marzo de 2014. Disponible en: www.wikipedia.com/calentamiento_global.

57. YQUISE, A.; POCOMUCHA, V.; VARGAS Y. 2006. Carbono almacenado en diferentes sistemas de uso de la tierra del distrito de José Crespo y Castillo, Huánuco, Perú

UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI
BIBLIOTECA CENTRAL
U N U

VI. ANEXOS

ANEXO 6.1 Datos de volumenes de madera, biomasa y carbono en fustales.

Sector	Volumen (m^3)	Biomasa (t)	Carbono (t)
Caserío Ciudad de los Incas	103.76	52.96	26.48
Km 7 Carretera Nueva Requena	65.31	33.61	16.81
Km 7 Carretera Tornavista	114.93	52.14	26.07
Km 28 Carretera Federico Basadre	33.88	18.38	9.19
Promedio	**79.47**	**39.27**	**19.63**

ANEXO 6.2 Datos de biomasa y carbono en latizales.

Sector	Biomasa (t)	Carbono (t)
Caserío Ciudad de los Incas	5.22	2.61
Km 7 Carretera Nueva Requena	1.79	0.90
Km 7 Carretera Tornavista	1.32	0.66
Km 28 Carretera Federico Basadre	1.40	0.70
Promedio	**2.43**	**1.22**

ANEXO 6.3 Datos de peso fresco y seco de la Hojarasca

Sector	Peso Fresco (g)	Peso seco (g)	$MS_{(bm)}$ (kg C/0,25 m^2)	CF	ΔC_{BN} muestra (kg C/0,25 m^2)
Caserío Ciudad de los Incas	200	123.95	0.39	0.5	0.20
Km 7 Carretera Nueva Requena	200	164.45	0.32	0.5	0.16
Km 7 Carretera Tornavista	200	117.9	0.46	0.5	0.23
Km 28 Carretera Federico Basadre	200	101.9	0.64	0.5	0.32
Promedio	**200**	**127.05**	**0.45**	**0.5**	**0.28**

ANEXO 6.4 Datos de densidad aparente y % de carbono en el suelo de Bosques Secundarios

Sector	Densidad Aparente (g/cm^2)	% CS
Caserío Ciudad de los Incas	1.18	1.05
Km 7 Carretera Nueva Requena	1.23	0.85
Km 7 Carretera Tornavista	1.18	0.73
Km 28 Carretera Federico Basadre	1.03	1.01
Promedio	**1.16**	**0.91**

ANEXO 6.5 Datos de peso fresco y seco del componente herbáceo

Sector	Peso Fresco (g)	Peso seco (g)	MS muestra (kg C/0,25 m^2)	CF	ΔC_{BN} muestra kg C/0,25 m2
Caserío Ciudad de los Incas	200	78.9	0.91	0.5	0.46
Km 7 Carretera Nueva Requena	200	121.9	0.38	0.5	0.19
Km 7 Carretera Tornavista	200	107.4	0.57	0.5	0.28
Km 28 Carretera Federico Basadre	200	95.8	0.45	0.5	0.23
Promedio	**200**	**101**	**0.58**	**0.5**	**0.29**

ANEXO 6.6 Datos de densidad aparente y % de carbono en el suelo de Pastizales

Sector	Densidad Aparente (g/cm^2)	% CS
Caserío Ciudad de los Incas	1.25	0.67
Km 7 Carretera Nueva Requena	1.31	0.79
Km 7 Carretera Tornavista	1.31	0.69
Km 28 Carretera Federico Basadre	1.35	0.55
Promedio	**1.31**	**0.68**

ANEXO 6.7 Análisis de Medias, Análisis de Varianza con un factor (ANOVA), Prueba de Tukey ($p<0.05$) de Carbono almacenado en la biomasa viva (cada árbol en pie).

Medias

Resumen del procesamiento de los casos

	Casos					
	Incluidos		Excluidos		Total	
	N	Porcentaje	N	Porcentaje	N	Porcentaje
Carbono * Parcela	100	100,0%	0	,0%	100	100,0%

a. Limitado a los primeros 100 casos.

Descriptivos

Carbono

	N	Media	Desviación típica	Error típico	Intervalo de confianza para la media al 95%		Mínimo	Máximo
					Límite inferior	Límite superior		
Parcela 1	559	,056397331	,1381346967	,0058424752	,044921398	,067873263	,0000000	2,5851017
Parcela 2	274	,061921875	,0714054503	,0043137610	,053429409	,070414340	,0019151	,5496936
Parcela 3	379	,078583172	,1083758461	,0055668933	,067637214	,089529130	,0000000	,6677608
Parcela 4	224	,051510679	,1049899578	,0070149366	,037686632	,065334727	,0009073	,6677608
Total	1436	,062544649	,1153183545	,0030431350	,056575179	,068514119	,0000000	2,5851017

ANOVA

Carbono

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Inter-grupos	,146	3	,049	3,680	,012
Intra-grupos	18,937	1432	,013		
Total	19,083	1435			

Pruebas post hoc (Tukey p<0.05)

Comparaciones múltiples

Carbono

HSD de Tukey

(I) Parcela	(J) Parcela	Diferencia de medias (I-J)	Error típico	Sig.	Intervalo de confianza al 95%	
					Límite inferior	Límite superior
Parcela 1	Parcela 2	-,0055245438	,0084805991	,915	-,027337073	,016287985
	Parcela 3	-,0221858411*	,0076517563	,020	-,041866545	-,002505138
	Parcela 4	,0048866516	,0090936071	,950	-,018502565	,028275868
Parcela 2	Parcela 1	,0055245438	,0084805991	,915	-,016287985	,027337073
	Parcela 3	-,0166612973	,0091189939	,261	-,040115810	,006793215
	Parcela 4	,0104111954	,0103585890	,746	-,016231618	,037054009
Parcela 3	Parcela 1	,0221858411*	,0076517563	,020	,002505138	,041866545
	Parcela 2	,0166612973	,0091189939	,261	-,006793215	,040115810
	Parcela 4	,0270724927*	,0096917067	,027	,002144934	,052000052
Parcela 4	Parcela 1	-,0048866516	,0090936071	,950	-,028275868	,018502565
	Parcela 2	-,0104111954	,0103585890	,746	-,037054009	,016231618
	Parcela 3	-,0270724927*	,0096917067	,027	-,052000052	-,002144934

*. La diferencia de medias es significativa al nivel 0.05.

Subconjuntos Homogéneos

Carbono

HSD de Tukey[a,b]

Parcela	N	Subconjunto para alfa = 0.05	
		1	2
Parcela 4	224	,051510679	
Parcela 1	559	,056397331	,056397331
Parcela 2	274	,061921875	,061921875
Parcela 3	379		,078583172
Sig.		,663	,071

Se muestran las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

a. Usa el tamaño muestral de la media armónica = 318.945.

b. Los tamaños de los grupos no son iguales. Se utilizará la media armónica de los tamaños de los grupos. Los niveles de error de tipo I no están garantizados.

ANEXO 6.8 Experiencia laboral y certificado de estudios del especialista en inventarios forestales.

Consultor Forestal: RAUL VASQUEZ PANDURO

Cargo : Ejecutor de Inventario y Censo Forestal

Duración : 02/01/2010 hasta el 31/12/2012

Descripcion : Ejecutar inventarios, censos forestales y delimitación en campo para la elaboración de Planes de Manejo Forestal y Planes Operativos anuales para permisos de aprovechamiento.

Concesión Forestal Contrato N° 25-PUC/C-J-028-03

Cargo : Encargado de la Concesión Forestal

Duracion : 12/10/2011 hasta 22/10/2011

Descripcion : Georeferenciaciones para la concesión forestal

Corporacion de Inversiones Vista Hermosa SAC

Cargo : Técnico de campo de inventario forestal

Duracion : 01/02/2011 hasta 15/03/2011

Descripcion : Actividades de inventario forestal y delimitaciones

Concesión Forestal Von Humbolt Forest SAC

Cargo : Encargado del inventario forestal

Duracion : 03/10/2009 hasta 04/12/2009

Descripción : Responsables de una brigada, para realizar el inventario forestal exploratorio en el área de la concesión para la formulación del Plan General de Manejo Forestal.

Nº 147510

MINISTERIO DE EDUCACIÓN

A NOMBRE DE LA NACIÓN



POR CUANTO:

El Ministro de Educación

Ha conferido el TÍTULO de

PROFESIONAL TECNICO

EN: FORESTAL

A Don(ña) HERS FREDY CHECCALLE TANG

TITULADO (A) en EL INSTITUTO SUPERIOR TECNOLOGICO PÚBLICO "SUIZA"

POR TANTO:

Se expide el presente TÍTULO para que se le reconozca como tal.

Dado en PUCALLPA *a los* TRES *días del mes de* JUNIO *del* 2009

DIRECCIÓN

Lic. José Alberto Díaz Gordon
DIRECTOR I.S.T. SUIZA PUCALLPA

DIRECTOR DE LA INSTITUCIÓN DE EDUCACIÓN SUPERIOR

DIRECCIÓN REGIONAL DE EDUCACIÓN DE UCAYALI

Lic. Adm. Demetrio T. Reggio Ramírez
DIRECTOR REGIONAL

MINISTERIO DE EDUCACIÓN

INTERESADO

ANEXO 6.9 Matriz de consistencia

FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPOTESIS	VARIABLES	DIMENSIONES	INDICADORES
Pregunta General - ¿Cómo influencio las áreas quemadas de bosques secundario y pastizales en la emisión de Carbono durante el periodo 2000 – 2009 en el Distrito de Campo Verde, región Ucayali?	**Objetivo General** - Analizar la influencia de las áreas quemadas de bosques secundario y pastizales en la emisión de Carbono durante el periodo 2000 – 2009 en el Distrito de Campo Verde, región Ucayali	Las quemas de los bosques secundarios y pastizales han liberado aproximadamente 10 millones de toneladas de Dióxido de Carbono durante el periodo 2000-2009 en el Distrito de Campo Verde.	**Independiente** Influencia de la quema **Dependientes** - Emisión de Carbono durante el periodo 2000-2009 en el Distrito de Campo Verde, región Ucayali.	Bosques secundarios y pastizales Dióxido de Carbono	ha tCO_2/ ha
Preguntas Específicas ¿Cuál es la cantidad de biomasa que almacena carbono en bosques secundarios en el distrito de Campo Verde?	**Objetivos Específicos** - Determinar la cantidad de biomasa que almacena carbono en bosques secundarios en el distrito de Campo Verde		**Independiente** - Determinación de la cantidad de Biomasa **Dependientes** - Almacenamiento de Carbono en bosques secundarios del distrito de Campo Verde	Latizales y fustales Dióxido de Carbono	$t B_0$ / ha tCO_2/ ha
Preguntas Específicas ¿Cuál es la cantidad de biomasa que almacena los pastizales en el distrito de Campo Verde?	**Objetivos Específicos** - Determinar la cantidad de biomasa que almacena carbono en pastizales en el distrito de Campo Verde		**Independiente** - Determinación de la cantidad de Biomasa **Dependientes** - Almacenamiento de Carbono en pastizales del distrito de Campo Verde	Pastos naturales y cultivados Dióxido de Carbono	$t B_0$ / ha tCO_2/ ha

VII. ICONOGRAFÍA

7.1 Fase de Campo



Figura 31 : Tesista, Técnico forestal y matero



Figura 30 : Alineamiento del Perímetro



Figura 32 : Delimitación del Perímetro



Figura 33 : Estableciendo Vértices



Figura 34 : Georreferenciando Vértices



Figura 35 : Midiendo DAP



Figura 37 : Marcado de árboles inventariados

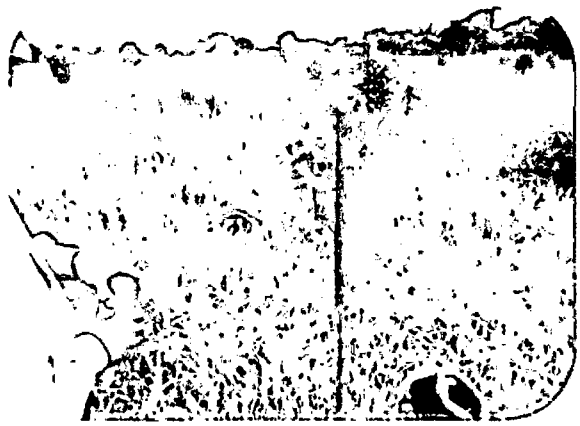


Figura 36 : Georreferenciando los pastizales

7.2 Fase de Laboratorio



Figura 39 : Cilindro de volumen conocido



Figura 38 : Recolección de muestras de suelo

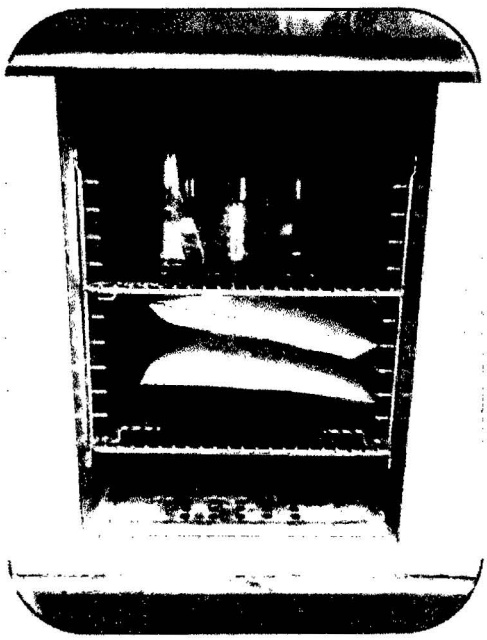


Figura 40 : Herbácea y Biomasa muerta para obtener peso seco de suelo



Figura 41 : Muestras para determinar % de Carbono.

UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI
BIBLIOTECA CENTRAL
U N U



Figura 42 : Muestras para determinar Densidad Aparente



Figura 43 : Muestras en estufa para obtener peso seco para determinar Densidad Aparente



Figura 45 : Secado de muestras de suelo a T° ambiente



Figura 44 : Molido de muestras de suelo para determinar % C



Figura 47 : Tamizado de muestras para %C

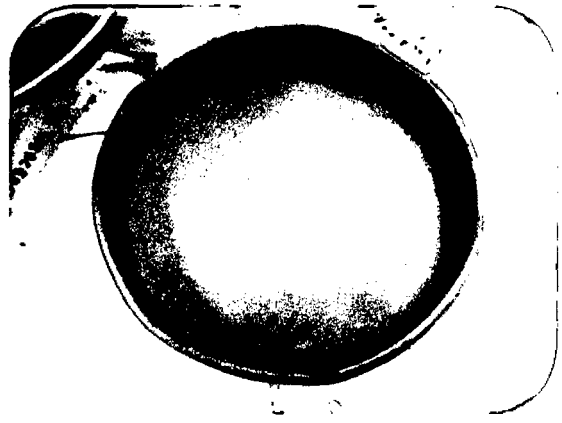


Figura 46 : Tamizado de muestras para %C