



**UNIVERSIDAD NACIONAL
AGRARIA
FACULTAD DE RECURSOS NATURALES
Y DEL AMBIENTE**

Trabajo de Graduación

**Evaluación del contenido de carbono
almacenado en diferentes usos del suelo en las
micro cuencas Tecomapa, Somotillo y Río
Pire, Condega, Nicaragua 2013-2014**

AUTOR

Br. Ricardo Misael Sánchez Zúniga

ASESORES

MSc. Glenda Bonilla

MSc. Teresa Morales

MSc. R. Bismarck Mendoza

Managua, Nicaragua

Junio, 2016



**UNIVERSIDAD NACIONAL
AGRARIA
FACULTAD DE RECURSOS NATURALES
Y DEL AMBIENTE**

**Tesis para optar al Título de
Ingeniero Forestal**

**Evaluación del contenido de carbono
almacenado en diferentes usos del suelo en
las micro cuencas Tecomapa, Somotillo y Río
Pire, Condega, Nicaragua 2013-2014**

AUTOR

Br. Ricardo Misael Sánchez Zuniga

ASESORES

MSc. Glenda Bonilla

MSc. Teresa Morales

MSc. Bismark Mendoza

Managua, Nicaragua

Junio, 2016

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA
FACULTAD DE RECURSOS NATURALES Y DEL
AMBIENTE**

Este trabajo de graduación fue evaluado y aprobado por el honorable tribunal examinador designado por la Decanatura de la Facultad de Recursos Naturales y del Ambiente, como requisito parcial para optar al título de:

Ingeniero Forestal

Ing. Claudio Calero
Presidente

Ing. Edwin Alonzo
Secretario

Lic. Cristóbal Medina
Vocal

**Managua, Nicaragua
Junio, 2016**

INDICE DE CONTENIDO

SECCIÓN	PÁGINA
DEDICATORIA	i
AGRADECIMIENTO	ii
ÍNDICE DE CUADROS	iii
INDICE DE FIGURAS	iv
INDICE DE ANEXOS	v
RESUMEN	vii
ABSTRAC	viii
I INTRODUCCIÓN	1
II OBJETIVOS	3
2.1. Objetivo general	3
2.2. Objetivo específico	3
2.3. Hipótesis	3
III MATERIALES Y METODOS	4
3.1. Ubicación de los sitios de estudio	4
3.2. Característica Biofísica	5
3.2.1. Suelo	5
3.2.2. Uso actual del suelo	6
3.2.3. Vegetación	6
3.2.4. Clima	7
3.2.5. Temperatura	7
3.2.6. Relieve	7
3.3. Diseño metodológico	8
3.3.1. Etapa pre-campo	8
3.3.2. Etapa de campo	9
3.3.3. Etapa de Post-campo.	9
3.4. Descripción de los tratamiento o parcelas experimentales	9
3.4.1. Tamaño de las parcelas de medición	11
3.4.2. Variable a medir	13
3.4.3. Determinaciones del proceso de muestras en el laboratorio	14
3.5. 2.2.Fórmula para la determinación de carbono	14
3.6. Materiales y equipos	17
IV RESULTADOS Y DISCUSIÓN	18
4.1. Composición florística de las micro cuencas Tecomapa y Rio Pire.	18
4.1.1. Composición florística con DAP>10 cm en las parcelas evaluadas en Tecomapa y Rio pire	18
4.1.2. Composición florística de las micro cuencas para arbolado de ≥ 2 cm ≤ 10 cm de diámetro	19

4.2.	Número de árboles por especies predominantes en las micro cuencas Tecomapa y Rio Pire	21
4.3.	Carbono presente en la hojarasca	23
4.4.	Cuantificación de carbono presente en la necromasa	25
4.5.	Carbono presente en la parte aérea de árboles con DAP> 10cm	28
4.6.	Carbono presente en el sotobosque con árboles con DAP<10 cm en distintos usos de suelo en ambas micro cuencas	30
4.7.	Cuantificación del carbono presente en el suelo	32
4.8.	Carbono total almacenado en los sistemas productivos establecidos en Tecomapa y Rio pire	34
V	CONCLUSIONES	38
VI	RECOMENDACIONES	40
VII	LITERATURA CITADA	41
VIII	ANEXOS	44

DEDICATORIA

A Dios, por darme la vida la fuerza y fortaleza en mi mente para realizar este presente estudio por ofrecerme y darme la oportunidad de culminar mi carrera, y por estar conmigo en cada momento que más necesitaba para enfrentar cada obstáculo que se presentaban en el camino del conocimiento orientándome con personas que han sido de soporte y compañía en mi estudio y que le doy gracias al creador por haberlos conocidos.

A mis padres José Mercedes Sánchez y Martha del Socorro Zúniga Suazo , por ser el sostén principal en todo el camino académica, como en la vida y por su ayuda incondicional , que me han ofrecido, económica, psicológico y emocionalmente que siempre me animaban de salir adelante implementándome valores culturales y principios esto ha sido mi motivación lo que me ha permitido ser una persona de bien y de buenas costumbres y gracias a dios y a la ayuda de ellos tengo la dicha y el orgullo de plasmar en este trabajo de investigación el esfuerzo que le ha costado a ellos y a mí el haber culminado mi carrera.

Ricardo Misael Sánchez Zúniga

AGRADECIMIENTO

En la presente tesis expresare mi agradecimiento a todos y todas las personas que intervinieron en la realización de este trabajo investigativo.

Agradezco especialmente al proyecto UNA-CIAT-Quesungual-forrajes financiada por la Cooperación Austriaca, por financiar y asesorar mi trabajo de tesis.

De manera personal agradezco a mis compañeros de trabajo en el campo al Br. Maycol Missael Mendoza Laguna, Br Jilmer Otoniel Aguirre Laguna que con mucho empeño y dedicación contribuyeron en el levantamiento de datos en la presente investigación de esta misma manera agradezco de corazón a dios y mis padres José Mercedes Sánchez y Martha del Socorro Zúniga Suazo que con mucho esfuerzo y sacrificio me han apoyado de distintas manera para poder culminar este trabajo investigativo

También agradezco a los Coordinadores del (CIAT), en especial a mis asesores MSc. Bismarck Mendoza, MSc. Glenda Bonilla, MSc. Teresa morales, por apoyarme durante el transcurso y realización de este trabajo de tesis que gracias a dios y a ellos que son los pilares que me han proporcionado el conocimiento para ejecutar este trabajo de graduación

Ricardo Misael Sánchez Zúniga

INDICE DE CUADROS

No.		PAGINA
1	Ubicación de las fincas de las micro cuencas Rio Pire, (Estelí) y Tecomapa, (Somotillo) 2013-2014.	8
2	Descripción de los 9 tratamientos en fincas de productores.	10
3	Composición florística en distintos tipos de uso de suelo con DAP<10 cm en parcelas con bosque en ambas micro cuencas.	20
4	Carbono presente en diferentes depósitos vegetativos en fincas ubicadas en las micro cuencas Tecomapa y Rio Pire.	35
5	Almacenamiento de carbono en la biomasa aérea y suelo en diferente tratamiento en las micro cuencas Rio pire y Tecomapa	36

INDICE DE FIGURAS

No.		PAGINA
1	Mapa geográfico de las micro cuencas Tecomapa (Somotillo) y Rio pire, (Condega).	5
2	Ubicación de las fincas seleccionada en las micro cuencas Rio Pire y Tecomapa	10
3	Forma de las parcela de medición para cuantificar biomasa en bosque secundario	12
4	Parcela circular para sistemas pecuarios y silvopastoriles.	12
5	Número de árboles por especies presentes en 6 sistemas situadas en la micro cuenca Tecomapa, Somotillo.	22
6	Número de árboles por especies presente en la micro cuenca Rio Pire, Condega.	22
7	Carbono Cuantificado presente en la hojarasca en 9 sistemas agroforestales a nivel de fincas (A), por tratamientos de las micro cuencas Tecomapa (B), y Rio Pire (C), 2013-2014	24
8	Análisis del Carbono orgánico proveniente de la necromasa a nivel de fincas (A), por tratamientos de las micro cuencas Tecomapa (B), y Rio Pire (C), en diverso usos de suelo 2013-2014	27
9	Análisis del Carbono orgánico almacenado en arboles con DAP mayores a 10 cm a nivel de fincas (A), por tratamientos de las micro cuencas Tecomapa (B), y Rio Pire (C), en distintos usos de suelo 2013-2014	29
10	Carbono capturado en arboles con DAP menor de 10 cm, en distinto uso de suelo en las micro cuencas Rio Pire y Tecomapa 2013-2014.	31
11	Análisis del Carbono orgánico almacenado en el suelo a nivel de fincas (A), por tratamientos de las micro cuencas Rio Pire (B), y en Tecomapa (C), en distintos usos de suelo 2013-2014.	33

INDICE DE ANEXOS

No.		PAGINA
1	Parcelas de los productores en tres fincas presentes en las micro cuencas Rio Pire en Condega 2013-2014	45
2	Parcelas de los productores en tres fincas presentes en las micro cuenca Tecomapa en Somotillo 2013-2014.	46
3	Formato de recolección de datos de especies florísticas, mediciones de DAP, altura y necromasa en el suelo.	48
4	Formato de información general de la finca y sus sistemas productivos.	49
5	Formato de muestreo de la biomasa obtenida através de hojarasca y herbácea.	50
6	Composición florística con DAP>10 cm presente en distintos usos de suelo en las micro cuencas Tecomapa y Rio Pire.	51
7a	Análisis de varianza de carbono (MgCha^{-1}) capturado en la hojarasca en sistemas: Forestal, Agrícola, Agrosilvícola, pecuario y SAF en ambos territorios, Tecomapa/Somotillo y Rio Pire/Condega, 2013-2014.	53
7b	Análisis de varianza de carbono (MgCha^{-1}) capturado en la hojarasca en los sistemas: forestales, Agrícola, Agrosilvícola, pecuario y SAF que se encuentran en Tecomapa a nivel de tratamientos, 2013-2014.	53
7c	Análisis de varianza de carbono (MgCha^{-1}) capturado en la hojarasca en los sistemas: forestales, Agrícola, Agro silvícola, pecuario y SAF que se encuentran en Rio Pire a nivel de tratamientos, 2013-2014.	53
8a	Análisis de varianza de carbono (MgCha^{-1}) capturado en la Necromasa que se encontró en los sistemas: forestales, Pecuario, SAF en Tecomapa y en Rio Pire 2013-2014.	54
8b	Análisis de varianza de carbono (MgCha^{-1}) capturado en la Necromasa que se encontró en los sistemas: forestales, Pecuario, SAF en Tecomapa 2013-2014.	54
8c	Análisis de varianza de carbono (MgCha^{-1}) capturado en la Necromasa que se encontró en los sistemas: forestales, Pecuario, SAF en Rio Pire 2013-2014.	54
9a	Análisis de varianza de carbono (MgCha^{-1}) capturado en arboles con DAP> 10 cm en los sistemas: forestales, pecuario y SAF se encuentran en Tecomapa y en Rio Pire 2013-2014.	55
9b	Análisis de varianza de carbono (MgCha^{-1}) capturado en arboles con DAP> 10 cm en los sistemas: forestales, pecuario y SAF que se encuentran en Tecomapa a nivel de tratamientos, 2013-2014.	55
9c	Análisis de varianza de carbono (MgCha^{-1}) capturado en arboles con DAP> 10 cm en los sistemas: forestales, pecuario y SAF que se encuentran en Rio Pire a nivel de tratamientos, 2013-2014.	55
10	Análisis de varianza de carbono (MgCha^{-1}) capturado en arboles con DAP< 10 cm en los sistemas: forestales (Sotobosque), en Tecomapa y en Rio Pire, 2013-2014.	56

11a	Análisis de varianza de carbono (MgCha^{-1}) capturado en suelo (COS) en los sistemas: forestales, Agrícola, Pecuaria y SAF en Tecomapa y Rio Pire, 2013-2014.	56
11b	Análisis de varianza de carbono (MgCha^{-1}) capturado en suelo (COS) en los sistemas: forestales, Agrícola, Pecuaria y SAF en Tecomapa a nivel de tratamiento, 2013-2014.	56
11c	Análisis de varianza de carbono (MgCha^{-1}) capturado en suelo (COS) en los sistemas: forestales, Agrícola, Pecuaria y SAF en Rio Pire a nivel de tratamiento, 2013-2014.	57
12	Comparación de carbono almacenado en diferentes usos del suelo de la micro cuenca Tecomapa	58
13	Comparación de carbono capturado en distintos usos de suelo presente en la micro cuenca Rio Pire	59

RESUMEN

Con el propósito de evaluar el carbono atmosférico removido por plantas y almacenado en el suelo, en diferentes sistemas de usos de la tierra: agrícola, Agrosilvícola, agro forestal, forestal, y pecuario en las micro cuencas, Rio el Pire en Condega y Tecomapa en Somotillo, se monitorearon 54 parcelas por sitio durante un años 2012. Como resultado 54 especies arbóreas con DAP mayor a 10 cm en 31 familias botánicas fueron identificadas, siendo las más representativa: Mimosaceae, Boraginaceae, y Fabácea. En ambas micro cuencas, el Rio Pire y Tecomapa, la mayor remoción aérea y captura en el suelo de carbono ocurrió en el sistema bosque secundario (10.51 MgCha^{-1}), como se esperaba, seguido de las pasturas silvopastoriles (9.97 MgCha^{-1}) y los sistemas agroforestales Quesungual (7.77 MgCha^{-1}). Esto significa que la principal fuente de captura de carbono en el suelo depende de la remoción vegetal. El bosque secundario capturó 1.3 veces, más carbono en el suelo que lo reportado en el sistema con quema agrícola. Por otro lado, el depósito vegetal que remueve mayores cantidades de carbono se localiza en los fustes de árboles adultos con DAP mayor a 10 cm, con valores de 72% en Tecomapa y 61% en El Rio Pire. Finalmente, la captura de carbono en el suelo fue similar al carbono removido aéreamente, con valores de 52% en Tecomapa y 64% en el Rio Pire. Lo cual sugiere, promover la agroforestería como estrategia de cambio climático que pasa por la conservación del carbono capturado en el suelo, promover la presencia de áreas con bosque en las fincas, y cuidar la regeneración vegetal como la fuente principal de relevo para la remoción aérea del CO_2 atmosférico.

Palabras claves: captura de carbono en el suelo, remoción de carbono atmosférico, agrícola, agrosilvícolas, SAF, forestal, pecuario.

ABSTRACT

With the purpose of evaluating the atmospheric carbon that is removed by plants and accumulated on the ground on different soil uses systems: agricultural, agrosilvicultural, agroforestry, forestry and livestock on the micro basins Rio El Pire in Condega, and Tecomapa in Somotillo, 54 plots of each site were monitored during the year 2012. As a result, 54 arboreal species with DAP greater than 10 cm on 31 botanical families were identified, with Mimosaceae, Boraginaceae and Fabaceae being the most representative. In both micro basins, the Rio Pire and Tecomapa, the greatest aerial removal and carbon capture on the ground occurred on the secondary forest system (10.51 MgCha-1), as it was expected, followed by the silvopastoral pastures (9.97 MgCha-1) and the agroforestry systems Quesungual (7.77 MgCha-1). This means that the main source for carbon capture on the ground depends on the vegetable removal. The secondary forest captured 1.3 times more carbon on the ground than what was reported on the agricultural burning. On the other hand, the vegetable deposit that removes most amount of carbon is located in the lumber of adult trees with DAP greater than 10 cm, with values of 72% in Tecomapa and 61% in El Rio Pire. Finally, the capture of carbon on the ground was similar to the carbon that was aerielly removed, with values of 52% in Tecomapa and 64% in Rio Pire, which suggests to promote the agroforestry as a strategy against climate change which includes the conservation of the captured carbon on the ground, promoting the presence of forestry areas in farms, and taking care of the vegetable regeneration as the main source of replacement of the atmospheric carbon aerial removal.

Key words: capture of carbon on the ground, atmospheric carbon removal, agricultural, agrosilvicultural, SAF, forestry, livestock.

I- INTRODUCCIÓN

El dióxido de carbono es el principal gas de efecto invernadero en la atmósfera junto con el metano y el óxido nitroso; estos han aumentado considerablemente provocando el calentamiento del planeta, según Gómez-Echeverri (2000). Este problema genera efectos negativos que causan que el clima local y mundial contribuya a realizar acciones de emisiones y flujos de carbono; lo que hace necesaria la estimación de este mismo en los sistemas agroforestales para mitigar el calentamiento de la tierra (Corral *et al.* 2006).

Vine *et al.* (1999), (IPCC 2000), expresan que la Forestaría contribuye a la mitigación del calentamiento global mediante la conservación, secuestro, y sustitución de carbono; mientras tanto la FAO, (2000) determinó que la reducción de GEI (CO₂) puede ser mitigada por el cambio de uso de suelo y actividades de forestales y agrícola presentándose como alternativas de control.

El protocolo de Kioto tiene como punto principal el calentamiento global según Greenland, (1995) se tomó como objetivo importante encontrar la manera de volver los suelos agrícolas de todo el mundo en sumidero de carbono cuantificado, obteniendo efectos positivos adicionales en la agricultura, ambiente, y la biodiversidad. La FAO (2002), demostró que el aumento de la concentración de carbono en la atmósfera induce al incremento en la biomasa por medio de la fertilización carbónica, siendo un papel importante en la fotosíntesis y el crecimiento de la planta, generando ganancias en la fijación de carbono, en pago por servicios ambientales, presentes en el protocolo Kioto.

El estudio realizado en las micro cuencas Tecomapa, en Somotillo y Río Pire, en Condega, se realizó con el objetivo de evaluar el contenido de carbono en distintos usos del suelo presentes en la micro cuenca como estrategia de mitigación y adaptación al cambio climático para conservar y mejorar las condiciones de los recursos edafoclimáticos para el beneficio agrícola y forestal del país.

El tema sobre el calentamiento global es un tema de suma importancia en la actualidad ya que quien sufre las consecuencias de los desequilibrios climáticos es la humanidad. Sobre este interés está enfocado el presente estudio de evaluación de carbono en diferentes usos de suelo presentando técnicas de como evaluar carbono en áreas agrícolas o boscosas obteniéndose resultados que pueden ser de mucha utilidad para otras personas con interés intelectual con temas relacionados al cambio climático.

II. OBJETIVOS

2.1. Objetivo general

Evaluar el contenido de carbono en diferentes usos del suelo para ser utilizado como estrategia de mitigación y adaptación al cambio climático en las micro cuencas Tecomapa, Somotillo y Río Pire, Condega.

2.3. Objetivos específicos

1. Analizar la composición florística de las especies forestales presentes en fincas de dos micro cuencas, para determinar su importancia en la biodiversidad y la promoción de sistemas agroforestales.
2. Evaluar el carbono almacenado en diferentes depósitos vegetales y en el suelo, de sistemas forestales, agroforestales y pecuarios, como usos de la tierra en las micro cuencas Tecomapa y Río Pire.
3. Comparar los contenidos de carbono almacenados en diferentes usos de la tierra, en fincas ubicadas en las dos micro cuencas en estudio.

2.4. Hipótesis

Ho: La fijación de carbono atmosférico se incrementa cuando hay asocio del componente arbóreo con cultivos de granos básicos (maíz-frijol), y pasturas en los sistemas productivos.

H1: La fijación de carbono atmosférico no se incrementa cuando hay asocio del componente arbóreo con cultivos de granos básicos (maíz-frijol), y pasturas en los sistemas productivos.

La hipótesis nula (Ho) muestra que el asocio del componente arbóreo con cultivo aumenta el almacenamiento de carbono con excepción de bosque secundario.

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Ubicación de los sitios de estudios.

El estudio se llevó a cabo en dos micros cuencas, ubicadas en dos departamentos diferentes, Estelí y Chinandega, durante los meses de noviembre y diciembre del 2013.

La micro cuenca Río Pire está ubicada en el municipio de Condega, a 185 km de Managua y a 37 km de la cabecera departamental de Estelí, con las coordenadas geográficas: 13° 16' y 13° 27' Latitud Norte, 86° 17' y 86° 29' Longitud Oeste con una extensión territorial de 33.13 km². Este estudio se realizó en un área con una altura de 520 a 1480 msnm, la que varía de acuerdo a su relieve. El municipio presenta un clima de sabana tropical que tiene sus variaciones según la altitud. Las temperaturas medias del municipio son cálidas y oscilan entre 22.6 - 24.2° C, presentando una temperatura media anual de 24.6° C, precipitación promedio anual de 800 – 900 mm, por lo que se caracteriza como zona seca. (Calderón y Días, 2001).

INTA,(2005), reporta que la micro cuenca Tecomapa, se localiza en el municipio de Somotillo, en Chinandega, a 18 km del casco urbano municipal y 87 km de la cabecera departamental, con coordenadas geográficas 13° 04'45" y 13° 08'39" LN, 85° 47' 25" y 86° 49'59" LO, con una extensión territorial de 10 km². El estudio se llevó a cabo a una altura entre 100 a 300 msnm. Se encuentra en una zona climática de tropical seca, presentando una temperatura promedio anual de 25°C y a un máximo de 34°C, con una precipitación promedio anual entre 700 a 900 mm.

LOCALIZACIÓN DEL ESTUDIO
Proyecto Quesungual Forrajes

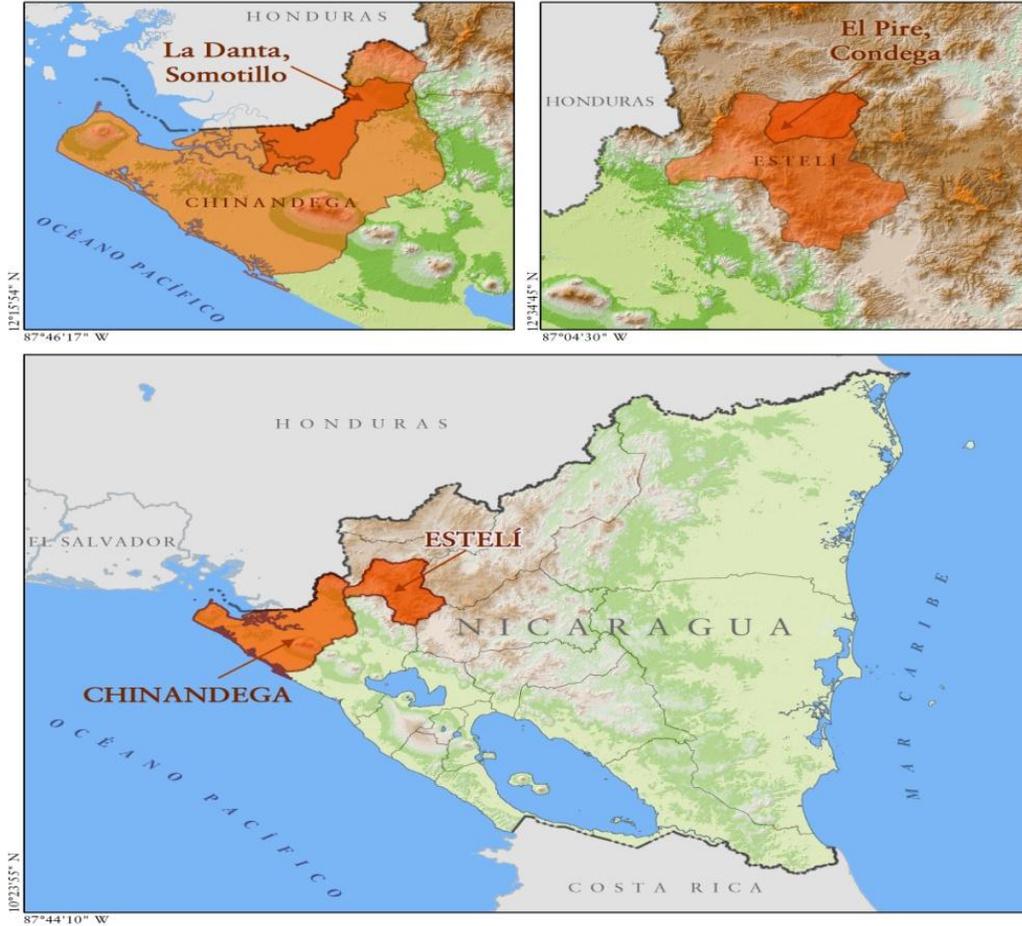


Figura 1. Mapa geográfico de las micro cuencas Tecomapa, (Somotillo) y Rio Pire, (Condega).

3.2. Características biofísicas

3.2.1. Suelo

En el municipio de Condega se encuentran suelos con diferentes grados de evolución y desarrollo, lo que varían desde suelos incipientes o suelos jóvenes (Entisoles) hasta suelos maduros (Molisoles, Alfisoles y Ultisoles) (Calderón y Días, 2001)

En Somotillo, los suelos del área son de origen volcánico y bien drenados, originados de rocas volcánicas del terciario sobre relieve escarpado, en su mayoría los suelos son arcillosos friables, moderadamente profundos pertenecientes al orden Molisol según el INTA (2005).

3.2.2. Uso actual del suelo

El potencial, en el municipio Condega, de suelos disponibles para las actividades agropecuarias es muy bajo, condicionada por la calidad de los suelos, condiciones agroclimáticas y el desarrollo socioeconómico del territorio. De acuerdo a la capacidad de uso de la tierra, los suelos del municipio varían desde la clase II (de aptitud agrícola) hasta la clase VIII (de aptitud de protección a la vida silvestre) predominando los suelos de la clase VIII (68 % del área total). Los suelos más fértiles y adecuados para cultivos anuales ocupan un 9.5 % del área total, ubicados en clases II Y III (aptitud agrícola). El estudio del uso actual reveló que la mayor parte del área del municipio está ocupada por pastos con bosque secundario (68% del área total). (Calderón y Días, 2001)

En el municipio de Somotillo, el uso actual de la tierra presenta un 30% bajo uso agrícola, y un 40% en pasturas tradicionales, entre el uso agrícola se realiza la siembra de granos básicos aunque predominan pendientes muy inclinadas que oscilan entre 50% y 80%. (INTA, 2005).

3.2.3. Vegetación

Un estudio forestal realizado por Calderón y Días (2001), sobre un análisis de riesgo natural y propuesta de plan municipal de reducción de desastres, que se desarrolló en el municipio de Condega, dedujo que los bosques, tanto latifoliados como de coníferas, han sido sobre explotados y convertidos en pastizales quedando un remanente de bosque denso de apenas 0.27 % protegiendo los recursos en área de vocación forestal en un 70% del territorio municipal. El uso que se propone para el municipio de Condega, es en sistemas agroforestales de cultivos perennes y semi-perennes.

INTA, (2005) Muestra que el municipio Somotillo hay poca vegetación debido actividades agrícolas en la zona.

3.2.4. Clima

En términos generales, el municipio de Condega presenta un clima de sabana tropical tiene sus variaciones según la altitud. Cuenta con una precipitación promedio anual de 800 a 900mm. (Calderón y Días, 2001)

Somotillo se encuentra en la zona climática de Sabana tropical seca, según la Clasificación de Köppen, con una precipitación promedio anual entre 1, 200– 1,600 mm, distribuido en 6 meses de lluvia (INTA, 2005).

3.2.5. Temperatura

Las temperaturas medias del municipio de Condega son cálidas y oscilan entre 22.6 - 24.2°C y la temperatura media anual es de 24.6°C. (Calderón y Días, 2001).

Somotillo (INTA, 2005), se caracteriza como zona seca con una temperatura promedio anual que oscilan entre 25°C y temperatura máxima de 34°C siendo clasificada ecológicamente como Zona de Vida de bosque seco subtropical.

3.2.6. Relieve

La región de Condega presenta un relieve irregular, y una pendiente escarpada, la cual presenta también presencia de mesas y pequeñas planicies intercráticas. Por ende sus pendientes varían un poco en las planicies suaves. Las altitudes van desde los 560 msnm hasta 1480 msnm. (Calderón y Días, 2001).

Las condiciones topográficas dentro del bosque presente en la micro cuenca Tecomapa se consideran irregulares en su mayoría, sin embargo existen puntos medios ondulados dentro del bosque cuyas elevaciones difieren de 100 m a 300 msnm. La Micro cuenca se caracteriza por tener suelos franco arenoso apto para la siembra de granos básicos, predominando las pendientes con inclinación entre 50 y 80 % y alturas entre los 200 y 500 m.s.n.m. (INTA, 2005).

El Cuadro 1 muestra las fincas seleccionadas y su ubicación en las comunidades, de las dos micro cuencas, en donde se realizó la evaluación de carbono en distintos usos de suelo. En Río Pire, Condega se encuentran 3 comunidades y 3 fincas con un total de 27 parcelas,

mientras en Tecomapa Somotillo, se encuentran ubicados 3 fincas en dos comunidades con 27 parcelas, siendo las extensiones territoriales de 33.13 km² de Río Pire y de 10 km² en Tecomapa.

Cuadro 1. Ubicación de las fincas de las micro cuencas Río Pire (Estelí) y Tecomapa (Somotillo) 2013-2014.

Posición de la cuenca	Comunidad	Finca/Productor
Río Pire, Estelí		
Parte alta	Potreriillo	Javier Loza
Parte media	Santa Teresa	Reynaldo Peralta
Parte baja	Los Cerritos	Isidro Lira
Tecomapa, Somotillo		
Parte alta	La Danta	Roberto Pineda
Parte media	La Danta	Isidro Zúñiga
Parte baja	La Flor	Teresa Rodríguez

3.3. Diseño metodológico

El presente estudio se enfocó en la cuantificación y almacenamiento de la fijación de carbono utilizando diferentes usos de suelos productivos, en dos micro cuencas, el Río Pire (Condega), y Tecomapa (Somotillo), tomando en cuenta la parte alta, media y baja de ambas micro cuencas.

3.3.1. Etapa de pre-campo

La primera etapa consistió en la revisión de todos los documentos que detallan los objetivos de la investigación, los nombres de los productores experimentadores, los tratamientos establecidos en sus fincas, las bases de datos de información recopilada en estudios anteriores.

Se buscó información primaria relacionada con el área de estudio. En esta actividad se procedió a recopilar, junto con técnicos del INTA y del CIAT, información general (nombre del productor, áreas donde se establecerían los tratamientos), en las fincas como sus datos relacionados con cultivos anuales y perennes, sistemas arbóreos presentes y características físicas de la finca.

3.3.2. Etapa de campo

La segunda etapa, radicó en la visita a las tres fincas de cada micro cuenca, ubicadas en las tres partes de cada una de las mismas, identificándose la ubicación de las parcelas experimentales en cada finca. Se establecieron 9 tratamientos de acuerdo al mapa de campo respectivamente (Anexo 1 y 2). Luego se llevó a cabo el levantamiento de datos de las parcelas a evaluarse en un período de un mes (diciembre). Con la ayuda de un baqueano se identificaron las especies arbóreas que se encontraban presentes en las parcelas experimentales.

3.3.3. Etapa de post- campo

Con la información recopilada en campo, se elaboraron las bases de datos, que incluían los diferentes depósitos de carbono evaluados (hojarasca, suelo, materia orgánica y vegetación). Estas se procesaron y analizaron a través de programas de cálculo y redacción como Excel y Word realizándose análisis estadístico de Fisher respectivamente.

3.4. Descripción de los tratamientos o parcelas experimentales

Se cuantificó el almacenamiento de carbono en nueve diferentes tratamientos en cada una de las 6 fincas, de las cuales, 3 fincas estaban ubicadas en las comunidades La Danta y La Flor, en la micro cuenca Tecomapa, en Somotillo, departamento de Chinandega; y las otras 3 fincas estaban ubicadas en las comunidades Los Cerritos, Potrerillos y Santa Teresa, en la micro cuenca Río Pire, en Condega, departamento de Estelí. Se estableció una parcela por cada tipo de tratamiento, de diferentes tamaños, dependiendo si son parcelas con cultivos agrícolas o con pastura.

El presente estudio corresponde al segundo año de investigación sobre la cuantificación de carbono en diferentes tratamientos establecido en las áreas evaluadas en las 3 fincas que se seleccionaron en cada micro cuenca, presentando los 9 tratamientos cada una. Los resultados obtenidos para el primer año de estudio fueron reportados por Mendoza y Aguirre (2015).

En el cuadro 2 se describen los tipos de sistemas y los 9 tratamientos del estudio, asimismo se presenta el tamaño de cada una de las parcelas experimentales.

Cuadro 2. Descripción de los 9 tratamientos en fincas de productores 2013-2014.

Tipo de Sistema	Tratamiento (simbología)	Descripción de los tratamientos	Área Total del ensayo y área de la parcela experimental
1.Agrícola	Q	Sistema tradicional de tala y quema (representativo de los sistemas de pequeña escala en laderas de Centro América).	1,089 m ² (33x33 m)
	Rt	Sistema tradicional de manejo de rastrojos, SIN variedades mejoradas	1,089 m ² (33x33 m)
	Rm	Sistema tradicional de manejo de rastrojos, CON variedades mejoradas	1,089 m ² (33x33 m)
2.Agrosilvícola	SQt	Quesungual SIN variedades mejoradas	1,089 m ² (33x33m)
	SQm	Quesungual CON variedades mejoradas	1,089 m ² (33x33 m)
3.Forestal	B	Bosque secundario	3,513 m ² (0.5mz)
4.Pecuario	Pn	Pasto tradicional en potreros sin árboles (o escasa cobertura de árboles)	7,026 m ² (1mz)
	Pm	Nuevas pasturas en potreros sin árboles (o escasa cobertura de árboles)	5,269.5m ² (0.75mz)
5.Silvopastoril	SSP	Nuevas pasturas con buena cobertura de árboles	5,269.5m ² (0.75mz)

Las fincas seleccionadas se encuentran ubicadas altitudinalmente en cada micro cuenca; una finca en la parte alta, otra finca en la parte media y otra finca en la parte baja (figura 2).

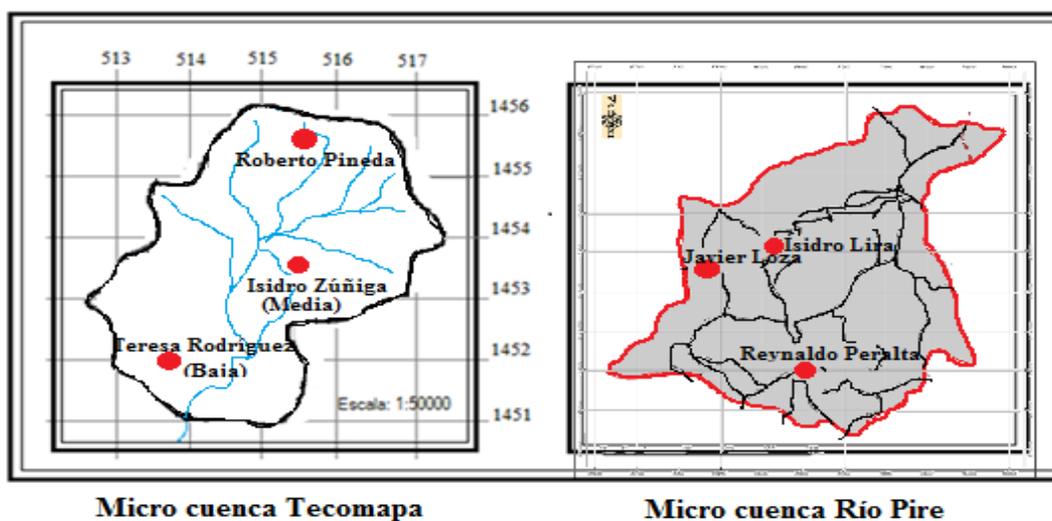


Figura 2. Ubicación de las fincas seleccionadas en las micro cuencas Río Pire y Tecomapa.

Inicialmente los tratamientos a estudiar fueron discutidos y seleccionados entre los técnicos de las instituciones responsables de la investigación, como son, la UNA, CIAT y el INTA. Se consideró que estos 9 tratamientos seleccionados fuesen representativos en la región.

3.4.1. Tamaño de las parcelas de medición

Los tamaños de las parcelas de medición variaron según cada sistema a evaluar:

Se emplearon subparcelas de 1 m*1 m, en las parcelas con uso agrícola (tratamiento 1, 2,3), ya que no posee árboles y solamente se recolectó la biomasa sobre el suelo en 3 puntos en cada parcela experimental (parte alta, media y baja)

En las parcelas de uso Agrosilvícola, como son los sistemas Quesunguales "con" y "sin" variedades mejoradas de maíz (tratamiento 4 y 5), se emplearon parcelas de 400 m² (20 m*20 m), con cuadrados en las esquinas que representan las subparcelas de 1 m* 1 m para muestreo de hojarasca y herbáceas.

En las parcelas de uso forestal o bosque secundario (tratamiento 6), se establecieron parcelas, a como se muestra en la figura 3, con dimensiones de 1000 m² (20 m* 50 m), así como parcelas de 1 m², estas últimas, similares a las establecidas en las parcelas circulares y cuadradas, para muestreo de hojarasca y herbáceas. En estas parcelas de bosque secundario, se establecieron subparcelas rectangulares de 1 m* 15 m², para medir diámetros < 10 cm y >2 cm. Las líneas punteadas en los dibujos, representan los transeptos en los cuales se levantó la necromasa caída en las parcelas de medición.

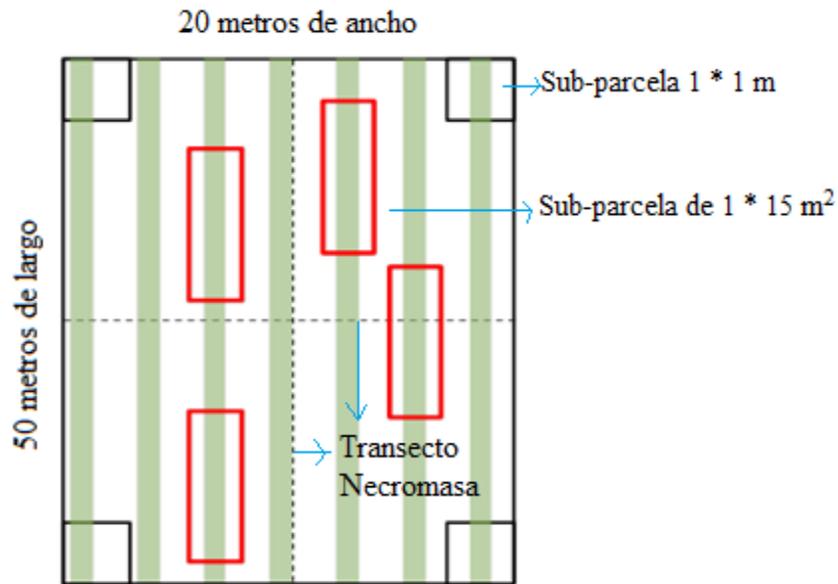


Figura 3. Formas de la parcela de medición para cuantificar biomasa en bosque secundario.

Las parcelas circulares (figura 4), se establecieron en los sistemas pecuarios (tratamientos 7 y 8) y silvopastoril (tratamiento 9). La dimensión de estas parcelas circulares fue de 1000 m² (17.84 m de radio). Dentro de las mismas se establecieron parcelas de 1 m* 1m, para el levantamiento de biomasa de hojarasca y herbáceas.

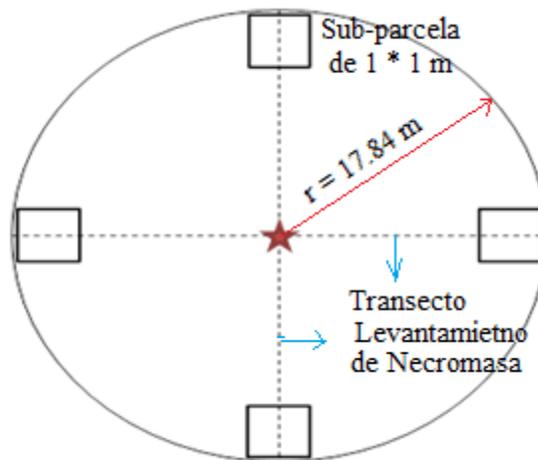


Figura 4. Parcela circular para sistemas pecuarios y silvopastoriles.

3.4.2. Variables a medir.

En la parcela rectangular Bosque secundario (20 m* 50 m), se midieron los diámetro (DAP) a la altura de 1.3 m a todos los arboles con $dap \geq 10$ cm.

Debido a la densidad de tallos pequeños en bosque secundarios, se midió la vegetación presente, con diámetros entre 2 y 10 cm, en 4 subparcelas de 15 m² (1 m * 15 m), establecidos de forma aleatoria dentro de la parcela rectangular.

En las 4 subparcelas de 1 m² (1 m* 1 m) en los extremos de todas las parcelas, se recolectaron y se pesaron toda la hojarasca y todas las herbáceas de forma separada. Se tomó una submuestra de 300 gr de biomasa verde utilizando una balanza, rotulándola para posteriormente transportarla al horno de la universidad Nacional Agraria y obtener su peso seco.

La necromasa se midió por medio de los diámetros de las piezas de la madera caída, a lo largo de dos transectos que se interceptaban en las parcelas principales, de forma perpendicular. Para el caso de la parcela circular, la longitud de cada transecto correspondió al diámetro de la circunferencia de la parcela. Para el caso de las parcelas rectangulares y de las parcelas cuadradas, cada transecto tuvo la longitud correspondiente al ancho y largo de la parcela. La metodología para medir la necromasa se basó en la probabilidad de intersección a lo largo del transecto. El resultado de la formula da unidades de masa/ha. En la muestra que se obtuvo fue un pedazo pequeño que se pesó y luego se llevó al laboratorio. En el laboratorio la muestra se secó 65°-70°C, lo que también fue usada para la determinación del contenido de C en el tejido vegetal de la hojarasca y herbáceas.

La obtención de muestra de suelo de las parcelas de (Bs, Pm, Q, SAQ, SSp) se realizó a dos profundidades de 0 a 10 y de 10 a 20 cm en cada parcela productiva. La muestra por parcela fue recopilada a partir de tres submuestras que se tomaron transversales a la pendiente del relieve. Para ambas profundidades se determinaron las densidades aparentes con el método del volumen conocido y se tomaron muestras para determinar el contenido de carbono

3.4.3. Determinaciones del proceso de muestras en el laboratorio.

Las sub muestras de biomasa, tomadas en la etapa de campo fueron llevadas al laboratorio de suelos y agua de la Universidad Nacional Agraria, se pesaron las sub muestras en estado húmedo, y luego se realizó en estado seco al ser extraído del horno; la sub muestra estuvo a 70°C de temperatura durante tres días, para determinar el peso seco de la biomasa, y calcular el porcentaje de humedad. En el laboratorio, las muestras de suelo se les determinó el contenido de carbono, secándolas al aire, pasándolas luego por un tamiz de 0.5 mm procediéndose luego con el análisis de contenido de materia orgánica de la misma, para el cálculo de carbono.

Como resultados del procedimiento de todos los datos de carbono, estos se expresaron en tonelada métrica, lo que es igual que mega gramo, considerando que una tonelada está conformada por 1000kg.

3.5. Fórmulas para la determinación de carbono

a. Densidad aparente

La densidad aparente del suelo se obtuvo através del método de cilindro conocido de 100 cm³. Se realizaron dos repeticiones para obtener resultados representativos (Forsythe, 1980). Las muestras fueron secadas en horno, y se utilizó la siguiente fórmula:

$$Da = \frac{P_{hs} - P_{ss}}{v}$$

Dónde:

Da= Densidad aparente (g/cm³)

Psh= Peso de suelo húmedo (g)

Pss= Peso de suelo seco (g)

V= p/v= g/cm

b. Determinación del estado de húmedo y seco en el suelo

La sub muestra de suelo se introdujo al horno en estado húmeda porque se necesitaba la muestra secado a temperatura, luego se extrajo en estado seco para el cálculo del contenido de humedad en porcentaje, utilizando la siguiente ecuación.

Ecuación 1. Contenido de humedad de la sub muestra (Valdivia, 2001)

$$CH = \frac{Phs - Pss}{Pss} \times 100$$

Dónde:

CH: Contenido de humedad de la sub muestra en porcentaje (%)

Phs: Peso húmedo de la sub muestra de suelo (g), valor obtenido en el campo (300g)

Pss: Peso seco de la sub muestra de suelo (g), obtenido del laboratorio una vez que se ha puesto a secar al horno.

100: Constante para transformar en porcentaje.

Ecuación 2. Peso Seco del Suelo (FAO, 2002)

$$PSS = Da \times Pm$$

Dónde:

PSS= Peso seco del suelo (g/cm^3)

Da= Densidad aparente del suelo (ton/m^3), muestra sacada del suelos con cilindro especial de densidad aparente.

Pm= Profundidad de muestreo del suelo (0.20 m).

c. Peso total seco de biomasa

Para calcular el peso total seco (PTS) de la biomasa se usó la siguiente ecuación. Luego se hace la extrapolación a unidad de área.

Ecuación 3. Peso Total Seco (Valdivia, 2001)

$$PTS = \frac{PTH * (1 + \%H)}{100}$$

Dónde:

PTS = Peso total seco (kg)

PTH= Peso total húmedo (kg).

%H = porcentaje de humedad de la sub muestra.

l= Constante

100= Constante para transformar en fracción

d. Determinación de Carbono.

En los análisis de datos realizados en Excel, el contenido de carbono que presento la hojarasca es en gramos de cada muestra, luego se hizo la extrapolación, para determinar en base al carbono acumulado en la biomasa de las parcelas de 1 m² cuanto carbono hay en determinada aérea por sistema y después se calculó por hectárea (Mg/ha).

Ecuación 4. Carbono en la hojarasca (Brown, 1974).

$$B_{hojarasca} (Mg\ ha^{-1}) = \left(\frac{Ps\ hojarasca - Ps\ hierbacea}{100} \right)$$

$$Carbono_{Hojarasca} = Biomasa \times 0.5$$

Dónde:

B hojarasca= Biomasa de la Hojarasca (kg)

Ps hojarasca= Peso seco de la hojarasca (kg)

Ps hierva= Peso seco de la hierba (kg)

Ecuación 5. Carbono de la necromasa (Brown, 1974)

$$Vol_{necromasa} \left(\frac{m^3}{ha} \right) = \pi^2 \left(\frac{d_1^2 + d_2^2 + \dots + d_n^2}{8} \right) / 8\ L$$

$$Biomasa\ de\ la\ necromasa\ (Mg\ ha^{-1}) = Vol\ necromasa\ (m^3/ha) \times densidad\ Arborea$$

$$C_{necromasa} (Mg\ ha^{-1}) = Biomasa\ necromasa \times 0.5$$

Dónde:

Vol. necromasa= Volumen de la necromasa (m³/ha)

d²= Diámetro al cuadrado

L=Longitud del área (20x50m²) o (20x20m²)

C necromasa= Carbono de la necromasa

Ecuación 6. Regresión de diámetros de biomasa para las parcelas, propuesto por (Chavet, 2005)

$$Biomasa = 0.112 * (\rho D^2 H)^{0.962}$$

$$Biomasa (kg) = 0.112 * (0.58 * (d1)^2 * Altura) * 0.916$$

Dónde:

Biomasa se expresa (kg)

Densidad de árboles (ρ) secos se asume 0.58 g/cm³

H= Altura (m)

D= Diámetro (cm)

3.6. Materiales y equipos.

Los equipos que se utilizaron en las parcelas permanentes establecidas en las micro-cuencas, Tecomapa, Somotillo y Río Pire en Condega:

Cinta métrica: Medición de las parcelas de muestreo

Cinta diamétrica: Medición de DAP > 10 cm en los sistemas

Cinta biodegradable: Identificación de árboles medidos

Cámara fotográfica: Obtener imagen de las áreas evaluadas

Machete: obtención de muestras de biomasa (hojarasca, herbáceas)

Bolsa de craft: Almacenar las muestra que se llevaran al laboratorio

Vernier: Medir en grosor de la necromasa

Formato de campo: Toma de datos de la biomasa aérea

Clinómetro: Medir la altura de los arboles presentes en las parcelas

Balanza: Determinar el peso de las muestras

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Composición florística de las micro cuencas Tecomapa y Río Pire.

En las fincas de la micro cuenca el Río Pire-Condega se presenta una composición florística formada por 43 especies y en Tecomapa- Somotillo 27 especies, incluyendo solamente las que tienen DAP > 10 cm, (Anexo 6). En ambas micro cuencas se encontraron 16 familias botánicas diferentes en Tecomapa y en Río Pire 27. Las familias más representativas son: Mimosaceae (7 especies) y Fabaceae (6 especies); Apocynaceae, Anacardiaceae y Bignoniaceae (3 especies cada una); Meliaceae, Moraceae, Simarubiaceae, Myrtaceae, Caesalpiniaceae, Boraginaceae y Burceraceae (2 especies cada una). Estas especies se presentan con mayor frecuencia en todos los tratamientos o sistemas productivos evaluados, en las dos micro cuencas.

Un estudio similar realizado en la micro cuenca Río Pire por Mendoza y Aguirre (2015) presentó una composición florística encontrando 41 especies arbóreas en total, incluyendo las especies con diámetros mayores y menores a 10 cm esta composición está representada por 29 familias botánicas diferentes, siendo las más representativas: Bignoniaceae (5 especies), Mimosaceae (5 especies), Annonaceae (4 especies), Sterculiaceae (3 especies), y las familias; Simaroubaceae, Berberaceae, y Euphorbiaceae con 2 especies cada una respectivamente.

4.1.1. Composición florística con DAP > 10 cm en las parcelas evaluadas en Tecomapa y Río Pire.

Haciendo una comparación de lo encontrado en la composición florística de las especies que tuvieron diámetros a la altura del pecho mayor a 10 cm, podemos decir que para la micro cuenca Tecomapa son 27 especies, representadas por 16 familias, las más predominantes son: Mimosaceae con 7 especies, seguida de la Boraginaceae, Bignoniaceae y Caesalpiniaceae, con 2 especies cada una.

En la micro cuenca Río Pire, Condega, se encontraron 43 especies (Cuadro 3), representados en 27 familias entre las más predominante se encuentran: Mimosaceae (5 especies), Fabaceae y Bignoniaceae (4 especies); Anacardiaceae y Apocynaceae (3 especies); Burceraceae, Boraginaceae, Rubiaceae y Moraceae (2 especies) y de acuerdo a esta vegetación se concluye

que en las parcelas con bosque secundario se presentó mayor presencia arbórea en relación con los sistemas productivos agrícolas, pecuarios y sistemas agroforestales, obteniendo mayor retención de carbono a través de la fotosíntesis, esta misma situación encontraron Mendoza y Aguirre,(2015) en un estudio realizado en Condega sobre la evaluación de carbono presente en diferentes usos de suelo de la micro cuenca Río Pire.

4.1.2. Composición florísticas de las micro cuencas para arbolados de ≥ 2 cm ≤ 10 cm de diámetro.

De forma general, para ambas micro cuencas, se encontraron 22 especies. Entre las familias más evidente están: Mimomaseae con 4 especies, Bignoniaceae y Simaroubaceae, con 2 especies y las demás familias con una especie cada una (Cuadro 3).

Según Calderón y Urbina, (2012), en un estudio realizado en nueva Segovia, Dipilto de cuantificación de carbono almacenado en 3 estado de desarrollo del bosque de pino se observó que en la finca San Martin se encontraron 385 árboles/ha, siendo el valor más alto encontrado en el estudio mientras en la finca El Sarrete se encontró una cantidad similar de árboles a la anterior, equivalente a 331 árboles (disminuye con respecto al de regeneración) y la finca Campo Fresco es la que presentó el menor número con 269 árboles. Esto se traduce directamente en una disminución considerable en lo que se refiere al secuestro de carbono atmosférico, producto que estos son quienes a través de sus acículas permiten la entrada del dióxido de carbono y lo transfieren a diferentes partes, incluyendo el fuste, ramas, raíces y hojas, que finalmente cuando son descompuestos pasan a formar parte de la materia orgánica del suelo aportando carbono orgánico al suelo.

A continuación se presentarán las dos micro cuencas en estudio por separado, para hacer una comparación de lo encontrado en cada una de ellas y que están presentadas en el Cuadro 3.

La composición florística de las fincas de la micro cuenca Tecomapa, es de 15 especies y 12 familias, sobre saliendo la Mimosácea, con 5especies: Chaperno (*Lonchocarpus minimiflorus*); Cornezuelo (*Acacia collinsii*); Quebracho (*Lysiloma spp*) Guanacaste blanco (*Albizia caribae*) y con 3 de la familia Bignoniaceae, que son: Cortez amarillo (*Tabebuia chrysantha*); Roble (*Tabebuia rosea*). Esta diversificación de especies que se encontró en el bosque secundario de la micro cuenca Tecomapa, muestra heterogeneidad debido a la escasas

de claro en los doseles y a la intervención antropogénico que afectó cuando fue un bosque primario presentando densidades bajas en la regeneración secundaria, según indica INTA (2005).

Cuadro 3. Composición florística en distintos tipos de uso de suelo con DAP<10 cm en parcelas con bosque, en ambas micro cuencas.

Especie	N. Cientico	Familia	Río Pire			Tecomapa		
			P. Alta	P. Media	P. Baja	P. Alta	P. Media	P. Baja
Aguja de arra	<i>Xylosma flexuosa</i>	Simaroubaceae	-	-	2	-	-	-
Bum bum	<i>Diospyros nicaraguensis</i>	Ebenaceae	-	-	-	3	-	-
Cortez amarillo	<i>Tabebuia chrysantha</i>	Bignoniaceae	-	-	-	-	-	1
Caratillo	<i>Alvaradoa amorphoides</i>	Simaroubaceae	2	-	-	-	-	-
Chaperno	<i>Lonchocarpus minimiflorus</i>	Mimosaceae	3	-	-	3	-	5
Cojon de burro	<i>Stemmadenia donnell S</i>	Apocynaceae	-	-	3	-	-	-
Comida de culebra	<i>Hamelia patens</i>	Rubiaceae	-	-	9	-	-	-
Cornezuelo	<i>Acacia collinsii</i>	Mimosaceae	-	-	-	-	2	1
Frijolillo	<i>Mosquitoxilum jamaicense</i>	Anacardiaceae	-	1	-	-	-	-
Guácimo de ternero	<i>Guazuma ulmifolia</i>	Sterculiaceae	1	-	-	-	1	-
Guácimo de molenillo	<i>Luehea candida</i>	Tiliaceae	-	2	-	-	-	-
Guanacaste blanco	<i>Albizia caribae</i>	Mimosaceae	-	-	-	1	-	-
Jagua	<i>Genipa americana L</i>	Rubiaceae	-	-	-	-	-	4
Jiñocuabo	<i>Bursera simaruba</i>	Burceraceae	-	-	-	-	-	1
Laurel negro	<i>Cordia alliodora</i>	Boraginaceae	-	-	-	2	-	1
Lechoso	<i>Sapium macrocarpum</i>	Bignoniaceae	-	-	-	1	-	-
Miliguiste	<i>Karwinskiacalderoniistandley</i>	Rhamnaceae	1	-	-	4	-	-
Nancite	<i>Byrsonima crassifolia</i>	Malpighiaceae	-	-	-	-	-	1
Naranjilla	<i>Capparis doratissima</i>	Capparaceae	4	-	-	-	-	-
Palanco	<i>Sapranthus nicaraguensis</i>	Annonaceae	-	-	3	-	4	-
Pata de venado	<i>Bauhinia pauletia</i>	Caesalpiniaceae	-	-	1	1	-	-
Quebracho	<i>Lysiloma spp</i>	Mimosaceae	-	-	-	1	-	-

Nota: PA: Parte Alta; PM: Parte Alta; PB: Parte baja

En un estudio realizado en toda la micro cuenca La Danta, en Somotillo, por Talley y Gutiérrez (2005), y en otro estudio florístico en el bosque tropical seco en la micro cuenca Las Marías, en Telica, por Saballos y Téllez (2004), las familias más predominantes fueron

de las pertenecientes a las leguminosas, como la Mimosaceae y Fabaceae. Estos resultados, en comparación con el presente estudio, indican que no hay mucha diferencia en la composición florística de estas zonas ya que se encuentran en una mismas macro región.

En la micro cuenca Rio Pire la composición florística que presentó el sotobosque fue diverso debido que se encontraron 12 especies y 11 familias sobresaliendo, Simaroubaceae, con 2 especies, Aguja de harra (*Xylosma flexuosa*); Caratillo (*Alvaradoaamorphoides*).El bosque secundario es heterogéneo porque no se determinó dominancia de especies presentes en el cuadro 4. Este estudio puede compararse con otro realizado en la micro cuenca la Danta, Somotillo, Chinandega que consistió en un estudio florístico de especies forestales y con potencial encontrándose en la Danta una composición formada por 47 especies representada por 18 familias botánicas diferentes entre las representativa están: la Mimosaceae con (6 especies) y Caesalpiniaceae con (4 especies). De acuerdo a este estudio Talley y Gutiérrez, (2006) determinaron que el tipo de bosque en que se encuentran estas especies es un bosque secundario joven y se encuentra distribuida en parches boscosos en la micro cuenca.

4.2. Número de árboles por especies predominantes en las micro cuencas Tecomapa y Rio Pire.

En la micro cuenca Tecomapa se encontró especies arbóreas que pertenece a la familia Boraginaceae, Laurel (*Cordia alliodora*);siendo la familia más predominante sobre la Mimosaceae con una frecuencia mayor de 110 árboles en relación con el chaperno (*Lonchocarpus minimiflorus*,) que presenta una frecuencia de 107 árboles; la Boraginaceae es mayor 46% que lo obtenido en Rio Pire con 60 árboles de chaperno; seguido por el Nancite con 58 árboles y el Guapinol (*Hymenaea courbaril*) con 21 árboles presentes en Tecomapa. Esta abundancia nos muestra que la familia Boraginaceae es predominante en relación con la Mimosaceae, en la micro cuenca (Figura, 5).

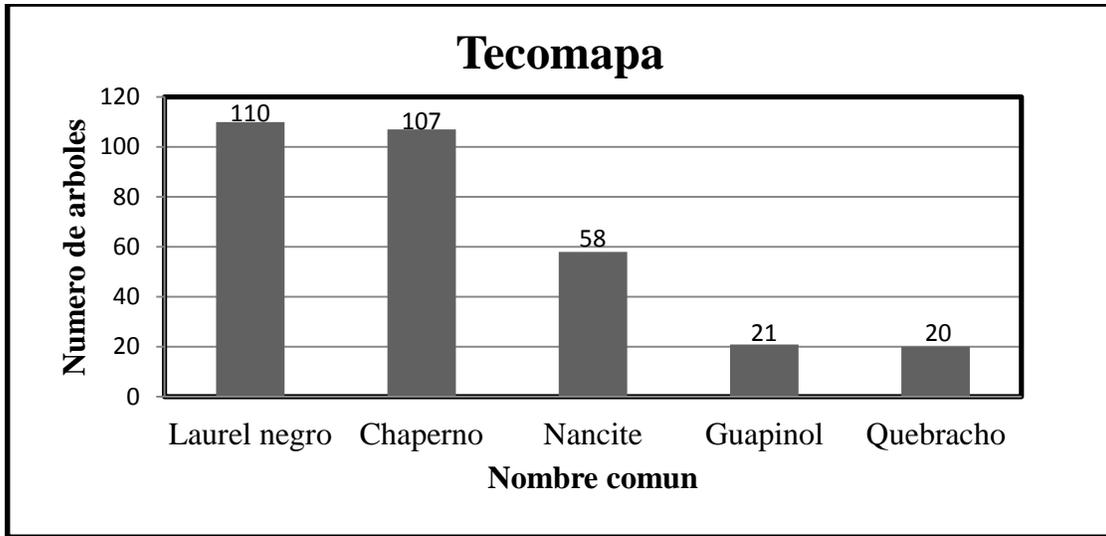


Figura 5. Numero de árboles por especies presentes en 6 sistemas situadas en la micro cuenca Tecomapa, Somotillo.

En figura 6 se presentan las especies arbóreas con mayor número de árbol, presentes en la micro cuenca Rio Pire. Determinándose que hubo una abundancia mayor de 60 individuos de Chaperno (*Lonchocarpus minimiflorus*), en relación con el Miliguiste (*Karwinskia calderonii standley*) con 37 árboles y Guácimo de molenillo (*Luehea candida*) con 31 árboles. Este resultado determina que la familia Mimosaceae es mayor su predominancia en Pire, aunque la el número de árboles fue menor que la obtenida en Tecomapa.

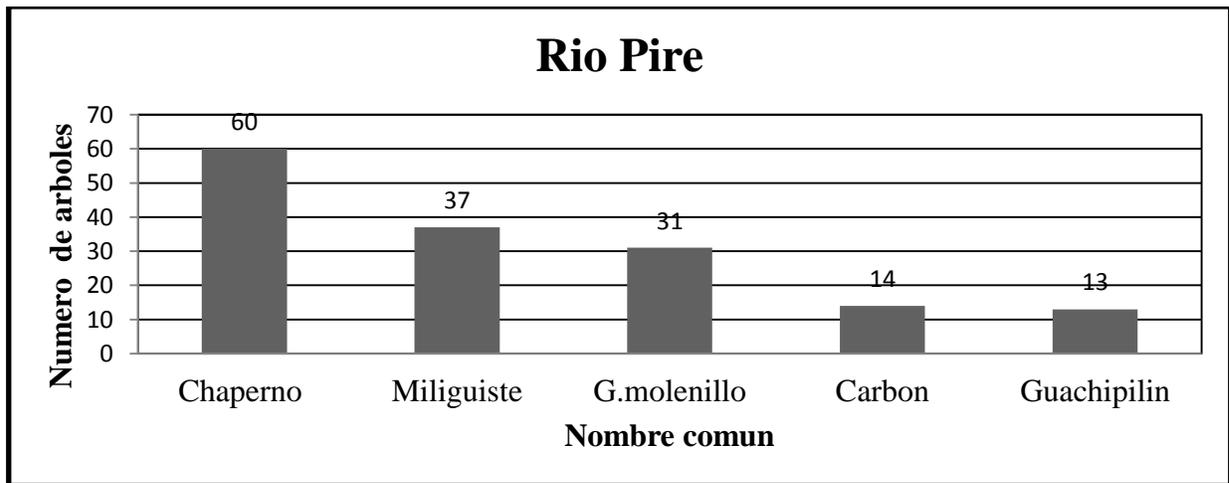


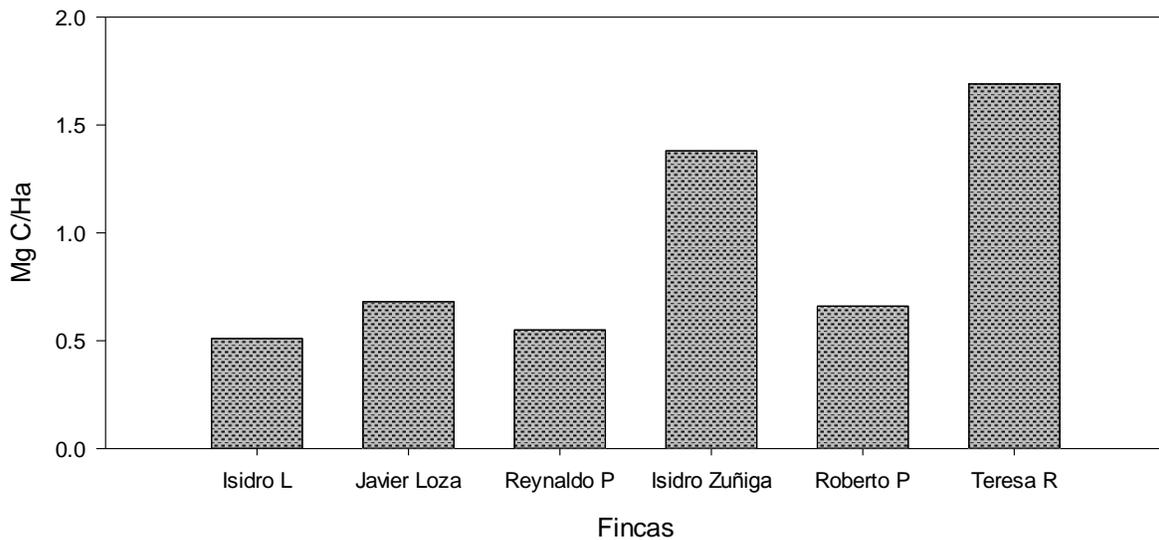
Figura 6. Número de árboles por especies presente en la micro cuenca Rio Pire, Condega

4.3. Carbono presente en la hojarasca.

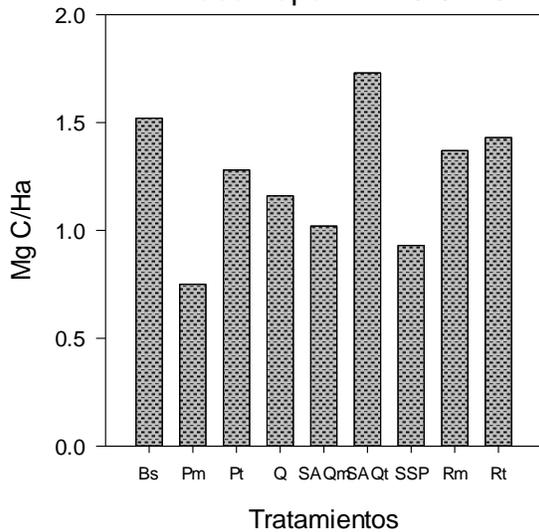
A nivel de fincas, en las micro cuencas Tecomapa y Rio Pire, el carbono que se obtuvo del mantillo (hojarasca) fue significativamente diferentes (Figura 7 A), ya que en la finca de la señora Teresa Rodríguez presento más carbono almacenado con 1.69 MgCha^{-1} seguido de la finca de Isidro Zúñiga ubicada en Tecomapa y la que tuvo menor almacenamiento de carbono fue la finca de Isidro Lira (Rio Pire) con 0.51 MgCha^{-1} , la finca de Teresa Rodríguez almaceno carbono debido a especies que aportan follaje con abundancia y que de la misma manera aportan materia orgánica a través de la caída de las hojas. Se encontraron especies como: Laurel (*Cordia alliodora*), G.ternero (*Guazuma ulmifolia*); Nancite (*Byrsonima crassifolia*). Un estudio realizado en el estado de México reporta $1,9 \text{ MgCha}^{-1}$ almacenado en la hojarasca de un sistema agroforestal de café bajo sombra. Estos valores fueron asociados a la incorporación de materia orgánica al suelo, cuyos valores son similares al carbono removido en un bosque secundario (Espinosa et al, 2011).

Específicamente en la micro cuenca Tecomapa (Figura 7 B), el sistema Quesungual con variedad tradicional, mostró mayor almacenamiento de carbono, con $1,73 \text{ MgCha}^{-1}$, en la hojarasca (mantillo) seguido por el bosque $1,52 \text{ MgCha}^{-1}$ y representa 18% de incremento con respecto al rastrojo criollo. El sistema agro silvícola tradicional resultó almacenar más carbono que el bosque secundario por la caída de hojas como, el Bum bum (*Diospyros nicaraguensis*), Pata de venado (*Bauhinia pauletia*), Laurel (*Cordia alliodora*) y Guanacaste blanco (*Albizia caribae*).

A: Fincas, El Pire/Tecomapa, $P > F = < 0.0001$



B: Tecomapa $P > F: 0.0219$



C: El Pire $P > F: 0.0031$

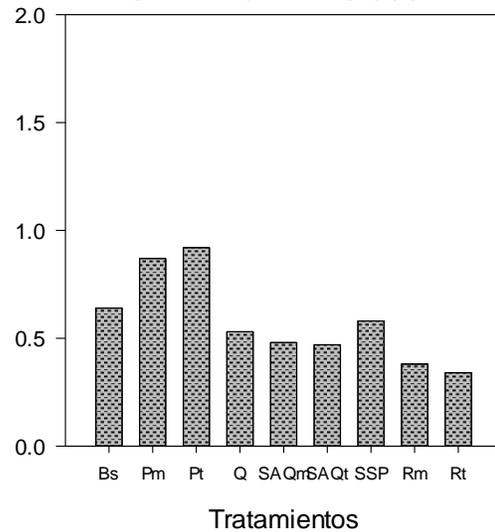


Figura 7. Carbono cuantificado presente en la hojarasca en 9 sistemas agroforestales a nivel de fincas (A), por tratamientos de las micro cuencas Tecomapa (B), y Rio Pire (C) 2013-2014.

Un estudio realizado en Perú, según Arévalo (2003), determinó que los diferentes niveles de contenido de carbono que se puede almacenar en la hojarasca depende de las edades que presenta el bosque primario o secundario, y también incluye las perturbaciones provocadas por factores antrópico que no permite alcanzar su nivel real. En ese estudio, se determinó que el contenido de carbono del bosque primario fue de 3.5 MgC ha^{-1} mientras en el bosque secundario, con edad de 50 años, resultó ser mayor su captura con un valor de 4.7 MgC ha^{-1}

En la micro cuenca Río Pire, el análisis de carbono proveniente de la hojarasca en sistemas productivos indican que el sistema de pastura natural (Pn) con un valor $0,92\text{MgCha}^{-1}$ es mayor en un 6% al reportado en la pastura mejorada (Pm) seguido del bosque secundario (Figura 7 C).

Esta variación se debe a la presencia de pasto y la poca cobertura de árboles en las áreas en estudio, ya que la vegetación arbórea es el principal factor que influye en el aporte de la hojarasca al mantillo encontrándose los siguientes árboles en las parcelas pecuarias: laurel (*Cordia alliodora*), Carbón (*Acacia pennatula*), Quebracho (*Lysiloma spp*) y Chilca (*Thevetia gaumeri*). Haciendo una comparación con un estudio realizado por Aguilar, et (2011), en la península de Costa Rica, en donde se realizó un estudio en 80 muestras para determinar la acumulación de biomasa en el mantillo en los bosques, en éste estudio los resultados muestran variación de $0,85\text{MgCha}^{-1}$ a 10MgCha^{-1} , encontrándose valores en cada parcela permanente de monitoreo (PPM), el máximo en el bosque primario con $10,84\text{MgCha}^{-1}$ y el valor mínimo de biomasa de mantillo en parcela de 5-15 años, con $3,56\text{MgCha}^{-1}$.

4.4. Cuantificación de carbono presente en la necromasa

El carbono proveniente almacenado en la necromasa se obtuvo en los transeptos y fueron similares numéricamente, entre los tratamientos de las fincas evaluadas en las dos micro cuencas (Tecomapa y Río Pire) (Figura 8 A). Aunque la diferencia no es significativa, en la micro cuenca Tecomapa la finca de la señora Teresa Rodríguez presentó menor retención de carbono $0,28\text{MgCha}^{-1}$, seguido de Reynaldo Peralta en Pire, con $0,55\text{MgCha}^{-1}$, presentando un 6% de incremento la propiedad de Isidro Zúñiga. Estos resultados se comparan con un estudio realizado en bosque de tierra firme y de bajíos realizado en Perú, según Chao *et al.* (2009), en donde se reportan valores de $8,75\text{MgCha}^{-1}$ siendo superiores a los obtenidos en Tecomapa. Evidentemente se determina que la presencia arbórea influye en la necromasa, ya que a mayor vegetación, mayor es el aporte de materia orgánica en la superficie del suelo.

En la micro cuenca Tecomapa los resultados de la necromasa obtenida en los 6 sistemas productivos, se ilustran en la Figura 8 B. El bosque secundario presentó $0,79\text{MgCha}^{-1}$ de carbono en la materia muerta, seguido por el sistema Quesungual mejorado (SQm). Este aumento de almacenamiento de carbono se debió a la presencia de árboles que aportan mayor

necromasa en las parcelas como: chaperno (*Lonchocarpus minimiflorus*), laurel (*Cordia alliodora*), quebracho (*Lysiloma spp*), Guanacaste negro (*Enterolobium cyclocarpum*), Genízaro (*Albizia saman*); presentando un 97% de aumento con respecto al sistema silvopastoril.

Una investigación realizada en el Parque nacional Yacuri en Ecuador, en un bosque de paramo, reportado por Santin y Vidal, (2012), obtuvieron valores medio de 5,19 MgCha⁻¹ en la necromasa del páramo arbustivo y 0, 87MgCha⁻¹ en el páramo herbáceo. Las variaciones de concentración de carbono en la biomasa es debido a que las especies registradas en el páramo arbustivo son leñosas y presentan hojas coriáceas con respecto del páramo herbáceo que son de consistencia carnosa. Esto se corrobora con lo obtenido por Santin y Vidal, (2012). En este resultado que se presentó en la investigación de Yacuri, es mayor la concentración de carbono en la necromasa del bosque paramo, obtenido en el bosque secundario de Tecomapa, en Somotillo debido a la baja presencia arbórea.

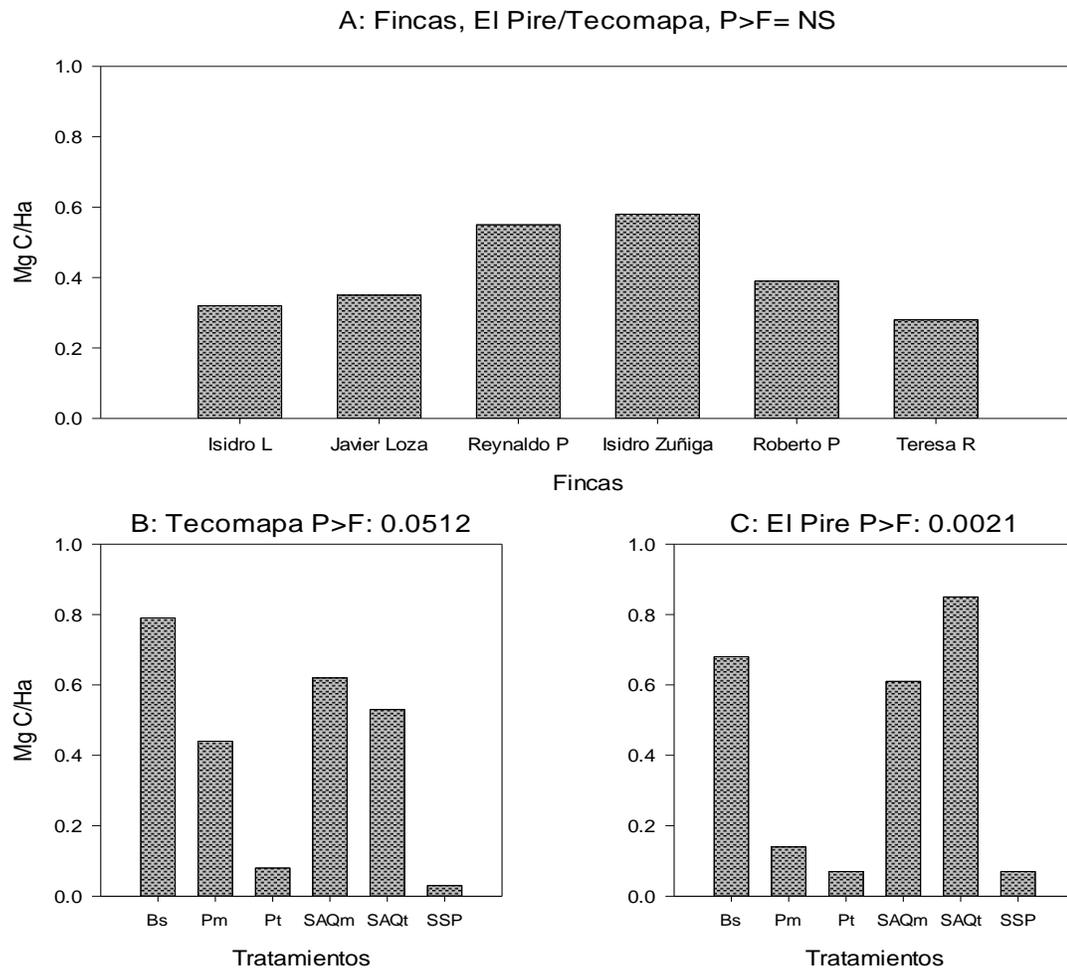


Figura 8. Análisis del Carbono orgánico proveniente de la necromasa a nivel de fincas (A), por tratamientos de las micro cuencas Tecomapa (B), y Rio Pire (C), en diverso usos de suelo 2013-2014

En la micro cuenca el Rio Pire, en los resultados del carbono proveniente de la necromasa en los sistema productivos, existe una diferencia significativa, y son presentados en la Figura 8c. Se observa que el Sistema Quesungual criollo (SQt), presentó un valor $0,85 \text{ MgCha}^{-1}$ este contenido es mayor en un 20% al encontrado en las parcelas con bosque secundario (Bs) y se puede decir que este dato es bajo debido que estas áreas vegetativas fueron intervenidas por factores antropogénico y en la actualidad se ha visto reducido el aporte de materia orgánica generada por especies que fijan nitrógeno como: Quebracho (*Lysiloma spp*), G.molenillo (*Luehea candida*), Bumbum (*Diospyros nicaraguensis*), chaperno (*Lonchocarpus minimiflorus*) y miliguiste (*Karwinskia calderonii standley*). Un estudio realizado en Perú en

un bosque, según Baker et al, (2007), presentó que el almacenamiento de carbono depende de la presencia arbóreas que se encuentren en determinada área; de acuerdo a este concepto se tendió a realizar comparación entre partes altas o tierra firme y los bajíos de los bosque que presentaron valores altos, siendo bosques primarios que no han sido afectados por factores antropogénicos permitiendo mayor aporte a la tasa de fijación de carbono, en relación con lo obtenido en el SQt en Pire, que fue de 0.85 MgC-ha⁻¹.

4.5 Carbono presente en la parte aérea de árboles con DAP>10 cm

Los resultados provenientes de la vegetación con DAP > 10 cm de las parcelas con bosque secundario en las fincas de las dos micro cuencas (Tecomapa y Río Pire), presentaron una ambos territorios (Figura 9 A). Aun así, podemos decir que hay una diferencia numérica, aunque no estadística que se describe a continuación.

En Río Pire, la finca del señor Isidro Lira presentó menor captura de carbono 9.41MgCha⁻¹ siendo mayor en la finca del señor Isidro Zúñiga, con 10.81MgCha⁻¹. El aumento que presentó la finca del señor Lira se debe, probablemente a la composición florística presente en las parcelas de estudio. Entre las especies que se encontraron están: Laurel (*Cordia alliodora*), Guanacaste blanco (*Albizia caribaea*), nancite (*Byrsonima crassifolia*), acetuno (*Simarouba glauca*), Guapinol (*Hymenaea courbaril*) y chaperno (*Lonchocarpus minimiflorus*). Este número de árboles permite que se almacene carbono al momento de la fotosíntesis. Comparando estos resultados con un estudio realizado en bosques naturales en Limón, Costa Rica, por Brown *et al* (1989), reportó un promedio entre 27 y 63 MgCha⁻¹ en bosque seco, de acuerdo a estos datos de retención de carbono se presentó una variación con respecto al encontrado en Río Pire.

En la micro cuenca Tecomapa (Figura 9 C), el análisis estadístico realizado a través de Fisher, presenta diferencia significativa en los resultados. Los datos fueron diferentes, ya que los sistemas de pastos naturales y mejorados presentaron bajos rendimiento en la captura de carbono, debido a la escasa cobertura boscosa que presentan las parcela pecuarias, al contrario el contenido de 29.84 MgCha⁻¹ en el bosque secundario es ligeramente mayor un 65% en relación con la parcela silvopastoril (SSP); este aumento surgió por especies presente también en el bosque secundario, como: Genízaro (*Albizia saman*), Cortez (*Tabebuia chrysantha*),

Nancite (*Byrsonima crassifolia*), G. ternero (*Guazuma ulmifolia*), Laurel (*Cordia alliodora*), entre otros.

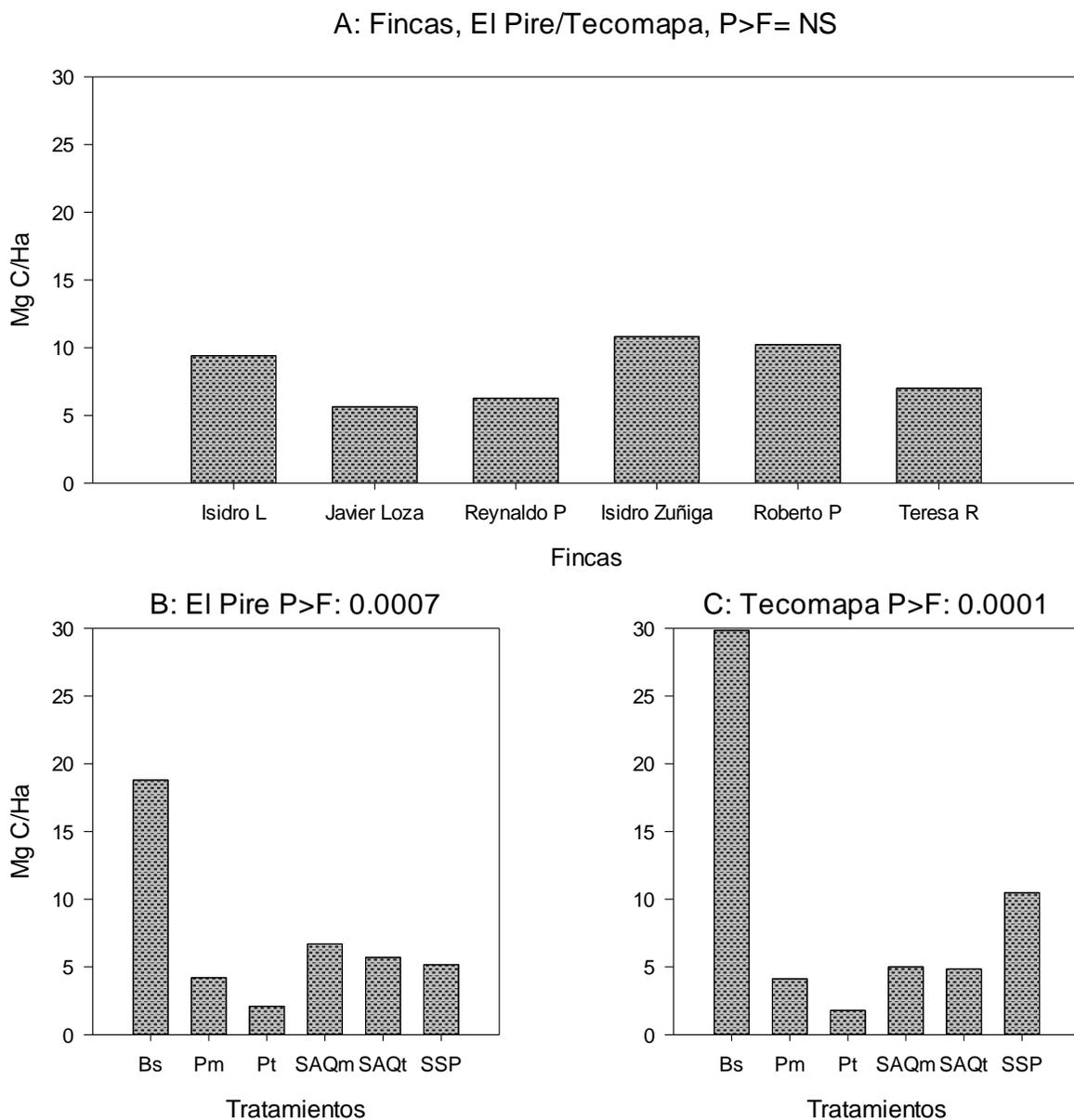


Figura 9. Análisis del Carbono orgánico almacenado en árboles con DAP mayores a 10 cm a nivel de fincas (A), por tratamientos de la micro cuenca Tecomapa (B), y Rio Pire (C), en distintos usos de suelo 2013-2014.

CATRIONA, (1998) indica que en los trópicos, el carbono en sumideros superficiales varía entre 60 y 230 MgCha-1 en bosques primarios, y entre 25 y 190 MgCha-1 en bosques secundarios. Según la IPCC (2001), menciona que la variación de vegetaciones naturales y

plantaciones forestales pueden variar entre 4,79 y 1,65 MgCha⁻¹, estas variaciones pueden ser consideradas a través del equilibrio dinámico en relación al carbono bajo ciertas condiciones climáticas para ser concentraciones atmosféricas de dióxido de carbono. En el presente estudio, realizado en Tecomapa, sus bosques son secundarios y almacenan carbono, según la densidad del bosque presente, la que ha sido intervenida por factores antropogénico.

El análisis de carbono proveniente de la biomasa vegetativa en sistemas productivos, indican diferencias significativas, en la micro cuenca Río Pire (Figura 9B). El Bosque secundario presentó un valor de 18.79MgCha⁻¹ siendo ligeramente mayor en 70% al reportado en el Sistema Quesungual Criollo 5.70MgCha⁻¹. La causa principal del poco almacenamiento de carbono en las parcelas Agrosilvicola, es el follaje arbóreo que no es frondoso, como se observó en las siguiente especies: Paracai (*Neomillspaughia paniculata*), Comida de culebra (*Hamelia patens*), Cojon de burro (*Stemmadenia donnellS*), miliguiste (*Karwinskia calderonii standley*), Guayabillo (*Myrcianthes fragans*).El incremento que se mostró en el bosque secundario, resultó ser mayor que los otros sistemas, por la presencia arbórea, siendo el principal factor que influye en el aumento en la almacenamiento de carbono en relación con el numero arboles por especies de las otras parcelas analizadas.

Estos datos obtenidos se pueden comparar con un estudio realizado en Veracruz, México, que consistió en la estimación de carbono en sistemas agroforestales en base al café, en donde se determinó el carbono presente en la vegetación, materia orgánica y suelo, determinando que el sistema agroforestal almacenó mayor carbono. Según Espinoza *et al*, (2011), reportó que el sistema almacenó carbono, con 27 MgCha⁻¹ y determinándose que el sistema productivo que presentó menor retención de carbono fue el sistema silvopastoril con un contenido mínimo de 2 MgCha⁻¹.

4.6. Carbono presente en el sotobosque con árboles con DAP<10 cm en distintos usos de suelo en ambas micro cuencas

En Tecomapa y Rio Pire se establecieron sub parcelas de 1x15m² para el levantamiento de datos en el Sotobosque con DAP<10 cm obteniéndose un contenido de carbono estadísticamente no significativo entre fincas de ambas micro cuencas (Figura 10 A). En la micro cuenca Rio Pire en la finca del señor Javier Loza se presentó un valor de 0.95 MgCha⁻¹, siendo mayor, numéricamente, en relación con las otras fincas que se encuentran en la micro

cuenca. El aumento de carbono que se presentó en la finca de Javier Loza se debió a la regeneración que se encontró en las sub parcelas presentes en el bosque en relación con las otras fincas.

Las especies que permitieron mayor remoción de carbono, presentes en el área son: Naranjillo (*Capparis doratissima*), Caratillo (*Alvaradoa amorphoides*), Chaperno (*Lonchocarpus minimiflorus*), G. ternero (*Guazuma ulmifolia*), Miliguiste (*Karwinskia calderonii standley*). Según Chacón et al(2007), reporta un estudio realizado en la región tropical húmeda en Limón, Costa Rica, y encontró que los bosques secundarios de trópico húmedo almacenan un contenido de 3.1 MgC ha⁻¹ anualmente, mientras el sotobosque presentó contenidos de (2.5 ± 0.4) MgCha⁻¹ siendo estos mínimos en relación con el bosque.

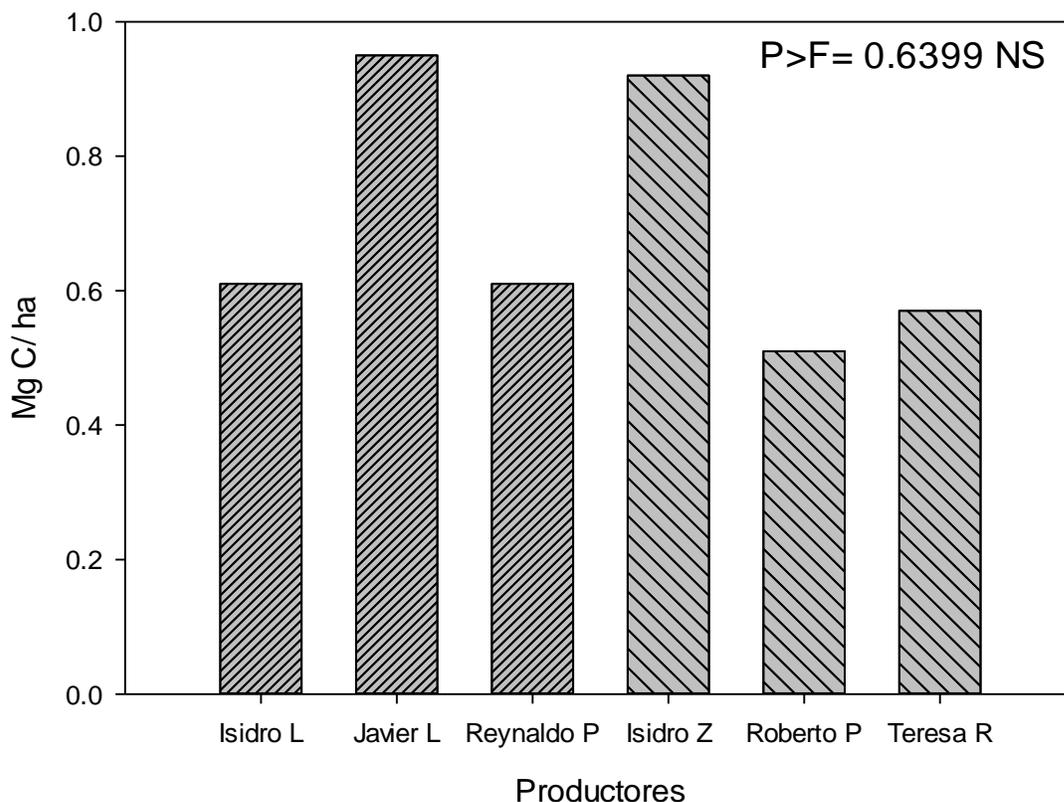


Figura 10. Carbono capturado en arboles con DAP menor de 10 cm, en distinto uso de suelo en las micro cuencas; Rio Pire y Tecomapa 2013-2014

En la micro cuenca Tecomapa (Figura 10 A), al evaluar el sotobosque de cada finca, se obtuvieron datos similares, determinando que la propiedad del señor Roberto Pineda con valor

de 0.51MgCha⁻¹, seguido de Teresa Rodríguez, con 0.57MgCha⁻¹, muestra un incremento de retención de carbono de 11%, en relación con el valor obtenido en la finca de Isidro Zúñiga. Esto nos muestra que la captura de carbono no es equitativa en las sub parcelas establecidas en el bosque secundario de cada finca asignada para la evaluación. Esta diferencia se debe a la cantidad de árboles presentes en las áreas evaluadas que son poco similares numéricamente. Las especies arbórea que se encontró en la regeneración de la finca de don Isidro es considerable en relación con lo presente en las otras fincas, encontrándose las siguientes especies: Cortez (*Tabebuia chrysantha*), Palanco (*Sapranthus nicaraguensis*); Guácimo de ternero (*Guazuma ulmifolia*).

4.7. Cuantificación del carbono presente en el suelo

En las micro cuencas Tecomapa y Río Pire se obtuvieron datos de carbono provenientes del suelo, con valores diferentes y significativos estadísticamente entre las fincas evaluadas en ambos territorios (Figura 11 A), observándose los más bajos contenidos de carbono almacenado en los suelos de la finca del Señor Roberto Pineda, en la micro cuenca Tecomapa-Somotillo (6.38MgCha⁻¹).

El análisis estadístico del contenido de carbono almacenado en los suelos a nivel de sistemas en la micro cuenca Río Pire, muestra tendencia similares entre los diferentes sistemas, sin embargo existe una tendencia a ser mayor en el sistema Quesungual, con un valor 11.03 MgCha⁻¹, contenido ligeramente mayor de 3% al reportado en el bosque secundario (Figura 11 B). Este fenómeno se explica por el alto aporte de hojarasca y madera expuesta a la superficie del suelo, permitiendo mayor fuente de carbono al suelo en el Sistema Quesungual. Datos de investigación realizada en un bosque secundario de la región atlántica de Costa Rica, (Chacón, 2007), en un mantillo de hojarasca de 0,10 cm reporta 0,02MgCha⁻¹. Post *et al*, (1982), reporta que existe relación entre el contenido de carbono en el suelo y el clima, dado que el contenido de carbono en el suelo incrementa cuando incrementa la precipitación del mismo, y cuando la temperatura en el suelo decrece. También, cuando el potencial de evapotranspiración es equivalente a la precipitación anual, el contenido de carbono en el suelo es 10 MgCha⁻¹, con excepción en zonas donde el clima comienza a ser cálido y en suelos

subtropicales. En la micro cuenca Rio Pire, con temperaturas más frescas a la de Tecomapa, y con menor precipitación, el mantillo del Bosque secundario captura mayores contenidos de carbono en el suelo con valores mayores al 10% a los reportado por Post *et al* (1982).

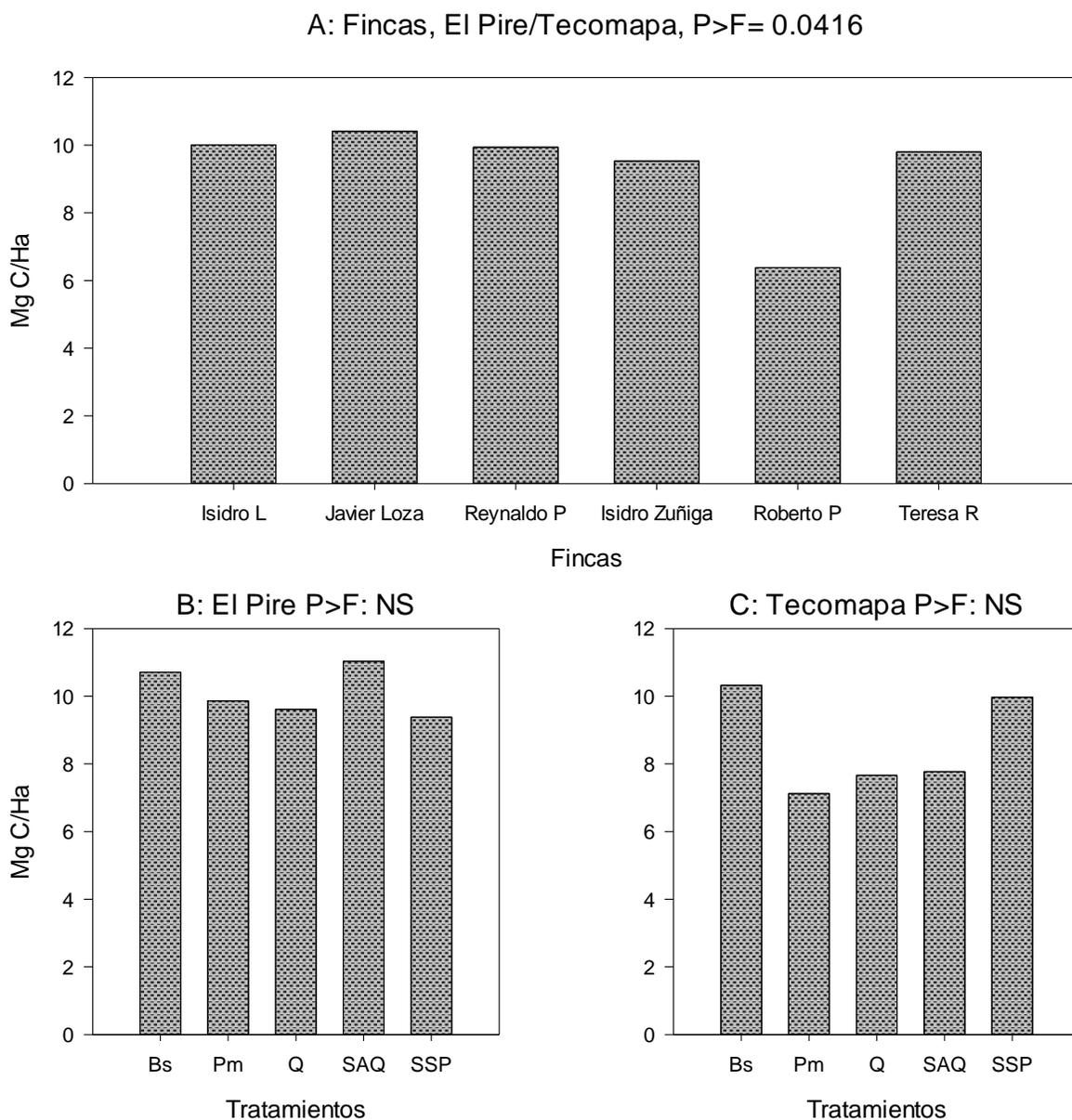


Figura 11. Análisis del Carbono orgánico almacenado en el suelo a nivel de fincas (A), por tratamientos de las micro cuencas Rio Pire (B), y en Tecomapa (C), en distintos usos de suelo 2013-2014

Edmonds y Chappell, (1994), en un estudio realizado, determinaron que el contenido de carbono y nitrógeno en el suelo de un bosque de (*Pseudotsugamenziesii* y *Tsugaheterophylla*) en el oeste de Oregón y Washington, el carbono varió en un rango de 10.495 MgCha⁻¹ a 15.216 MgCha⁻¹.

En la micro cuenca Tecomapa (Figura 11 C), el bosque secundario muestra mayor almacenamiento (10.32 MgCha⁻¹), de carbono en el suelo seguido del sistema silvopastoril y representa 4% de incremento con respecto al sistema de quema. Según estudios realizados en bosque primarios en la península de OSA en Costa Rica, reportados por Aguilar et, (2011), muestra que la biomasa acumulada en la capa de mantillo es mayor en bosques primarios con 9,75 MgCha⁻¹ y 0,48MgCha⁻¹, seguido por bosques mayores de 30 años con 7,93 t/ha, bosques de 15-30 años con 5,97 MgCha⁻¹ y por último bosques de 5-15 años con 5,60 MgCha⁻¹. Los resultados reportados en este estudio muestran que el Bosque secundario es el mejor almacenador de carbono mayor en un 94%, comparado con el Bosque primarios. Según Trumbmore y Druffel, (1995), en plantaciones forestales y áreas de pastoreo la emisión y captura de carbono en los suelos en ecosistemas forestales y en tierras de pastoreo, se reporta una captura de 70 MgCha⁻¹, valores similar a las cantidades almacenadas en los suelos forestales de la micro cuenca Tecomapa. Estos bosques capturan carbono en el suelo por la presencia de árboles con tamaño considerado que son nativa de la zona y también por la presencia de especies arbóreas fijadora de nitrógeno que aporta materia muerta lista para descomponerse en el suelo y esto sucede por follaje frondoso.

4.8. Carbono total almacenado en los sistemas productivos establecidos en Tecomapa y Rio Pire.

Los árboles mayores de 10 cm en la finca de Isidro Lira ubicada en la parte baja de la micro cuenca Rio Pire, captura mayor carbono con un valor de 56.45MgCha⁻¹, contrario a la finca de Javier Loza, ubicada en la parte alta de la micro cuenca, con 33.70 MgCha⁻¹. De los cuatros depósitos presentados en el cuadro 4, el que captura en un menor proporción es la necromasa.

En la micro cuenca Tecomapa, Somotillo la finca del señor Isidro Zúñiga ubicada en la parte media de la micro cuenca, presentó mayor captura de CO₂ en los DAP>10cm, con un contenido de 64.86MgCha⁻¹ la finca de la parte alta, con 61.39 MgCha⁻¹. En el caso de la

necromasa y los DAP<10 cm capturaron menor carbono en las fincas de Teresa Rodríguez (parte baja) e Isidro Zúñiga (parte media) respectivamente, determinándose en general que la hojarasca y los DAP>10cm capturaron más carbono en ambas micro cuencas.

Cuadro 4. Carbono presente en diferente deposito vegetativos en fincas ubicadas en las micro cuencas Tecomapa y Río Pire.

Micro cuenca	Finca	Hojarasca MgCha ⁻¹	Necromasa MgCha ⁻¹	Arboles DAP >10 cm MgCha ⁻¹	Arboles DAP < 10 cm MgCha ⁻¹	Total de MgCha ⁻¹
Río Pire	Parte Alta	24.38	2.07	33.79	17.17	77.41
	Parte Media	19.82	3.28	37.69	6.36	67.15
	Parte Baja	18.35	1.91	56.45	16.46	93.17
	Total	62.55	7.26	127.93	39.99	237.73
	Promedio	20.85	2.42	42.64	13.33	79.24
Tecomapa	Parte Alta	23.76	2.34	61.39	12.10	99.59
	Parte Media	49.59	3.48	64.86	9.66	127.59
	Parte Baja	60,81	1,66	41.99	11,92	116.38
	Total	134.16	7.48	168.24	33.68	343.56
	Promedio	44.72	2.49	56.08	11.23	114.52

En el siguiente cuadro, número 5, se muestran los resultados generales de carbono en la vegetación y el suelo de ambas micro cuencas, obtenidos en lo análisis estadísticos, determinándose que la finca del señor Isidro Lira en la parte baja de Río Pire es mayor la captura de carbono en la vegetación con un valor de 93.17 MgCha⁻¹ en relación con las otras fincas. En el caso del carbono presente en el suelo la finca del señor Javier Loza resultó ser mayor con un contenido de 1004.08MgCha⁻¹ determinando que la vegetación que se encuentra en los bosques de Río Pire, captura 237.73 MgCha⁻¹ siendo menor en comparación con el suelo, que presentó un contenido de 303.54MgCha⁻¹.

Cuadro 5. Almacenamiento de carbono en la biomasa aérea y el suelo en diferente tratamiento presente en las micro cuencas Río Pire y Tecomapa.

Micro cuencas	Finca	Carbono en la biomasa aérea	Carbono en el suelo	Total
Río Pire	Javier Loza (PA)	77.41	104.08	181.49
	Reynaldo Peralta (PM)	67.15	99.39	166.54
	Isidro Lira(PB)	93.17	100.07	193.24
	Totales	237.73	303,54	541.27
	Promedio	79.24	101.18	180.42
Tecomapa	Roberto Pineda (PA)	99.59	63.80	163.39
	Isidro Zúñiga (PM)	127.59	95.26	222.85
	Teresa Rodríguez(PB)	116.38	97.97	214.35
	Totales	343.56	257,03	600.59
	Promedio	114.52	85.68	200.20

En la micro cuenca Tecomapa, Somotillo la finca que más carbono capturó en su vegetación fue en la finca del señor Isidro Zúñiga, en la parte media de la micro cuenca, con un contenido de 127.59 Mgha⁻¹ y en la parte alta, la menor acumulación. El contenido carbono en el suelo es diferente, ya que en la finca de la señora Teresa Rodríguez se cuantificó con un de 97.97 Mgha⁻¹. Podemos resumir que en los resultados de este estudio, fue mayor el almacenamiento de CO₂ en la vegetación, en la micro cuenca Tecomapa, con 343.56 MgCha⁻¹ y mayor con relación al contenido en el suelo de 257.03MgCha⁻¹. Relacionando los resultados totales en ambas micro cuencas se obtuvo que la situación fue diferente en la micro cuenca Río Pire, donde el suelo es mayor su almacenamiento.

En el Anexo 12 encontramos un resumen de los 9 tratamientos distribuidos en las parcelas que se evaluaron en las 3 fincas, en la micro cuenca Tecomapa. Se encontró que en las áreas agrícolas (Q; Rt; Rm), el tratamiento rastrojo tradicional capturó un valor de 1.43 MgCha⁻¹ seguido del sistema de Agrosilvicola (SQt; SQm), Quesungual tradicional con 7.11 MgCha⁻¹.

Mientras en el sistema forestal (Bs) el bosque secundario resultó ser mayor su almacenamiento en 34.15 MgCha-1 por la frondosidad arbórea, siendo este contenido superior en un 85% en comparación con lo obtenido en el área pecuaria (Pn; Pm) pastura mejorada que presento un almacenamiento de 5.31 MgCha-1 y el sistema silvopastoril que fue el más almacenamiento presento después del bosque secundario con un valor de 11.44 MgCha-1, seguido del suelo que captura un 10.32 MgCha-1 en relación con los antes mencionados.

En la micro cuenca Rio Pire Anexo 13, el tratamiento Quema entre los sistemas agrícolas (Q, Rt y Rm), presento un valor de 0.53 MgCha⁻¹, dato menor al que se evaluó en el sistema agrosilvicola o Quesungual (SQt, SQm), con 7.78 MgCha⁻¹. se concluye que en las parcelas con bosque secundarios resulto ser mayor su captura de 22.28 MgCha⁻¹ igual a lo sucedido en Tecomapa. Comparando este dato con lo capturado en el sistema pecuario (Pn, Pm) y silvopastoriles, sus resultados son menores en un 77% para pasturas mejoradas con un contenido de 5.22MgCha⁻¹ y en un 74% para el silvopastoril, con 5.81MgCha⁻¹. Concluyendo que los tratamientos que más beneficios aporta, como servicios ambientales para el control del calentamiento de la tierra es el bosque secundario, sistemas Quesungual mejorado y el suelo con 11.03 MgCha⁻¹, en comparación con los otros tratamientos.

V. CONCLUSIONES

Las composición florística de las micro cuencas Tecomapa y Rio pire está conformada por 54 especies arbóreas, incluyendo solamente DAP mayor de 10 cm, siendo estas representada por 28 familias botánicas entre las más abundante están Fabaceae, Mimosaceae y Bignoniaceae.

En ambas micro cuencas, el Rio Pire y Tecomapa, el carbono almacenado en los depósitos vegetales (hojarasca, necromasa y diámetro mayores y menores a 10 cm), fue mayor en el sistema de bosque secundario 28.15MgCha^{-1} , como planteo en la hipótesis de que el almacenamiento de carbono aumento cuando hay asocio el componente arbóreo en áreas agrícolas, seguido de las pasturas silvopastoril 8.62MgCha^{-1} y los sistemas agroforestales Quesungual, 7.2MgCha^{-1} . Esto significa que el bosque secundario almacena 33 veces más carbono que el sistema de Quema, el silvopastoril 10 veces y el Quesungual 8.5 veces más que el sistema de Quema. Estos resultados se deben a la presencia del componente árbol y su desarrollo en el bosque secundario, sistema Quesungual, sistema silvopastoril y a las densidades de macollas en la pastura.

En los suelos de ambos sitios, el carbono almacenado fue mayor en el bosque secundario 10.51MgCha^{-1} , seguido de los silvopastoril 9.97MgCha^{-1} y los sistemas agroforestales Quesunguales 7.77MgCha^{-1} . Esto significa que la vegetación es la principal fuente de carbono para el suelo, dado que el bosque secundario capturó 1.3 veces, más carbono en el suelo que lo reportado en el sistema con quema agrícola. Estos resultados se debe en parte a que la ubicación de las actuales parcelas con quema, que fueron sistemas agroforestales Quesungual durante 5 años previos al experimento.

El mayor almacenamiento de carbono esta en los fustes de árboles adultos con DAP mayor a 10 cm, en ambos sitios con valores de 72% en Tecomapa y 61% en Rio Pire, seguido por el depósito de carbono presente en la hojarasca y fustes de árboles en regeneración joven con diámetros menor a 10 cm. Lo cual sugiere promover la presencia de áreas con bosque, las fincas para fines sociales y ecológicos.

El carbono total almacenado en ambas micro cuencas fue similar entre los depósitos vegetales y suelo, con ligero incremento en el suelo 52% en Tecomapa y 64% en Rio Pire, del total almacenado: Este fenómeno podría estar relacionado a factores edafoclimáticos que varían entre sitio, particularmente factores como por elevación (difieren en 400 m), precipitación (difiere en 800 mm), temperatura locales (4 grados) y finalmente la presencia de materiales parentales diferentes en composición mineral y estados de meteorización, particularmente con mayor fijación de fósforos en los suelos de Río Pire.

VI. RECOMENDACIONES

Desarrollar programas que se encarguen de la cuantificación de carbono y capacitar a los productores para el mejoramiento de las condiciones agrícolas a través de estudio en otros tipos de ecosistemas con base en estrategias de investigación para el control y mitigación del calentamiento global.

Desarrollar programas aplicando métodos de conservación de suelo y reforestación de áreas o sistemas productivos degradados.

Identificar con los productores, las especies que son nativas de la región para que, en conjunto con las instituciones que trabajan en las zonas, se realicen jornadas ecológicas de reforestación, con fines de conservar y aportar en el almacenamiento de carbono en las fincas y contribuir a mitigar el calentamiento global.

VII. LITERATURA CITADA

Aguilar, H; Ortiz, E; Vilches, B; Chazdon, R, R. 2011. Revista Forestales Mesoamericano kuru (Costa Rica): Biomasa sobre el suelo y carbono orgánico en el suelo en cuatro estadios de sucesión de bosque en la península de OSA, C.R.V 9(22): 2215-2504.junio, 2012 ISSN.

Arevalo,L; Alegre,J, Palm.C.2003.Manual de reserva de cambio en diferentes sistemas de uso de tierra en peru.Publicacion de STC-CGIAR.Ministerio de agricultura Pucallpa, Peru.24p.

Baker, Coronado; Phillips,L et al. 2007.Low stocks of coarse woody debris in a southwest Amazonian forest.ecología 152: 495-504

Brown, S. 1974. Carbon in forests can be measured accurately now, with future measurements relying more on remote sensing and other remote data collecting techniques. Thesis. EE UU.10p.

Brown, S; Gillespie, J; Lugo, A. 1989.Biomass estimation methods for tropical forests with application to forest inventory data. *Forest Science*. 35(4), 881-902.

Calderón, A; Días, M. 2001.Análisis de riesgos naturales y propuesta de plan municipal de reducción de desastres. Condega NI. 75 p.

CATRIONA, P.1998. Actualidad forestal tropical. Boletín de manejo forestal producido por la organización de maderas tropicales para fomentar la conservación y el Manejo sostenible de los recursos forestales tropicales en la región de América Latina y el Caribe 6(4):31p.

Corral, R; Duicela, L; Maza, H.2006.Consejo cafetalero nacional: Fijación y almacenamiento de carbono en sistemas agroforestales con café arábico y cacao, en dos zonas agroecológicas del litoral ecuatorial. Ecuador, EC.3p.

Chacón, Leblanc, A; Russo, O.2007.Fijación de carbono en un bosque secundario de la región tropical humedad de Costa Rica. Las Mercedes de Guácimo, Limón, C .R. Tierra tropical (2007)3(1):1-11. (hleblanc@earth.ac.cr)

Chavet, J. 2005.Tree allometry and improved estimation of carbon stocks and balance tropical forests. Tesis. America Asia y Oceania.13 p.

Chao, L; Phillips, and T.R. Baker, et al 2009.After trees die: quantities and determinants of necromass across Amazonia.Biogeosciences Discuss, 6, 1979–2006 (access 09/09/2010) <http://biogeosciences-discuss.net/6/1979/2009/bgd-6-1979-2009.pdf>

Edmonds, R y Chappell. 1994. Relation ships between soil organic matter and forest productivity in western Oregon and Washington. Canadian Journal of Forest Research 24(6): 1101 - 1106.

Espinosa, W; Krishnamurthy, L; Vasquez, A; Torres, A. 2011. Centro de Agroforestería para el Desarrollo Sostenible, Universidad Autónoma Chapingo. km 38.5 Carretera México- Texcoco, Chapingo, Estado de México. C. P. 56230. (Autor para correspondencia Correo-e: uach1854@gmail.com).

FAO (Organización de las naciones unidas para la agricultura y la alimentación, HN). 2000. La contribución forestal para la mitigación del cambio climático. La contribución forestal para la mitigación del cambio climático. Boletín informativo de los programas forestales nacionales V. 2(4):17-18(en línea) Tegucigalpa, HN. Consultado 19 ene 2002. Disponible en. <http://www.fao.org/regional/LAamerica/proyecto/gep/rla/127/net/boletn8.pdf>.

FAO (Organización de las naciones unidas para la agricultura y la alimentación, FR).2002. Captura de carbono en los suelos para un mejor manejo de la tierra: Institutational de recherche agronomique París. FR.61.P.

Forsythe, W. 1980. Fisica de suelos, Manual de laboratorio. Instituto Interamericano de cooperación para la agricultura. San José, C. R.

Gómez-Echeverri, L. (ed.) 2000. Cambio climático y desarrollo. San José, CR, PNUD-Yale School of Forestry and Environmental Studies.465 p.

Greenland, D.J. 1995.Land use and soil carbon in different agroecological zones. In: *Soils and global Change*. La, R., Kimble, J, Levine, E, Stewart, B.A. (Eds). CRC & Lewis Publishers, Boca Raton, FL. p 1-24

INTA (Instituto Nicaragüense de tecnología agropecuaria, NI).2005. Diagnostico sub cuencas Tecomapa oficina de extensión Somotillo pacifico norte Chinandega, Nicaragua.121p.

IPCC (Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático, CH). 2000. IPCC Special Report: Land use, land use change and forestry. *S .n*.

IPCC (Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático, CH). 2001. Los sumideros de carbono [en línea]: CESCUI. Consultado 17 oct.2007) (www.ceseyl.es/pdf/coleccionesestudio/pkioto.pdf).

Mendoza, M.; Aguirre, J. 2015. Evaluación del contenido de carbono en los diferentes usos del suelo en la micro cuenca Rio Pire, Condega, Estelí. Tesis, Managua, NI. UNA, 56p.

-----b.2015. Evaluación del contenido de carbono en los diferentes usos del suelo en la micro cuenca Rio Pire, Condega, Estelí. Tesis, Managua, NI. UNA, 56p.

Calderón, D; Urbina. 2012. Cuantificación del carbono almacenado en 3 fincas en tres estados de desarrollo del bosque de pino (*pinus oocarpa*), Dipilto, Nueva Segovia, Tesis. Managua, NI.UNA.79p.

Post, W. M., W. R. Emanuel, P. J. Zinke& A. G. Stangenberger. 1982. Soil carbon poolsand world life zones. Nature 298(5870): 136 – 139.

Talley, L.; Gutiérrez, T. 2006. Estudio florístico de especies forestales y su uso potencial para el establecimiento del sistema agroforestal Quesungual, en la micro cuenca hidrográfica La Danta, Somotillo, Nicaragua. Tesis. UNA. Managua, Nicaragua. 64p.

-----**b.2006.** Estudio florístico de especies forestales y su uso potencial para el establecimiento del sistema agroforestales Quesungual en la micro cuenca hidrográfica La Danta, Somotillo, Chinandega. Tesis Mag.Sc. Managua, NI, Universidad Nacional Agraria.41P.

Trumbmore, E; Druffel, M.1995.Carbon Isotopes for Characterizing Sources and Turnover of Non-living Organic Matter. In the Role of Non-living Organic Matter in the Earth's Carbon Cycle.Ed (s). Wiley, Chichester. 7-22.

Saballos, M.; Téllez, G. 2004. Estado actual de la vegetación fustal del bosque seco en la micro cuenca Las Marías, en el municipio de Telica y Posoltega. Tesis. Managua, NI, UNA. 54p.

Santín, A; Vidal, E. 2012.Generación de una línea base de los reservorios de carbono de los páramos del PNP y evaluación de su aplicación como mecanismos de mitigación al cambio climático. Tesis de Ing. En Manejo y Conservación del Medio Ambiente. Loja- Ec. 131 p.

Valdivia. 2001. Manual de procedimientos para inventarios de carbono en ecosistemas forestales, 14 p.

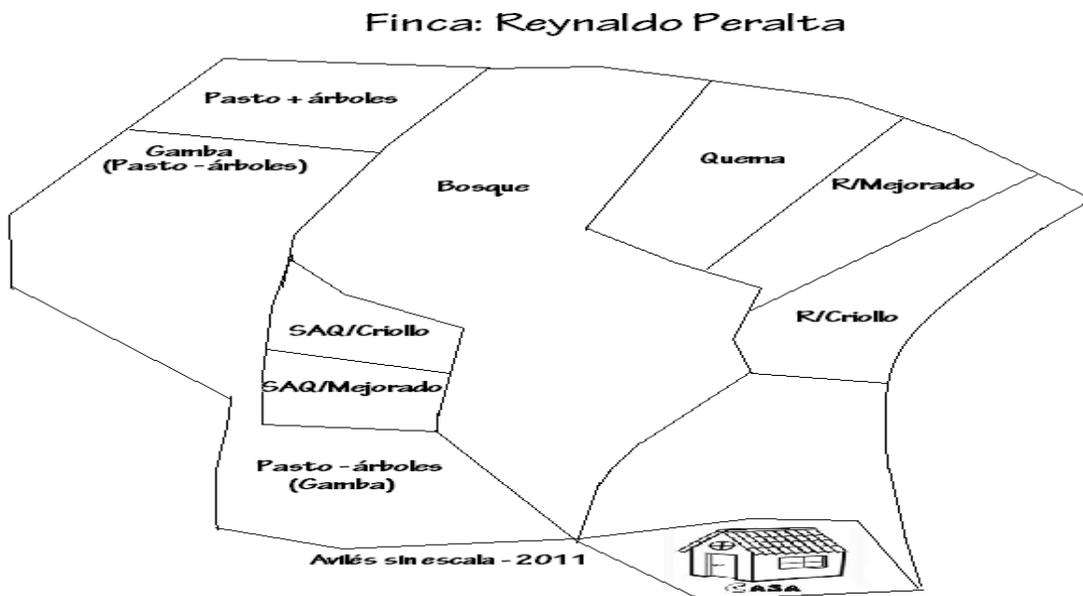
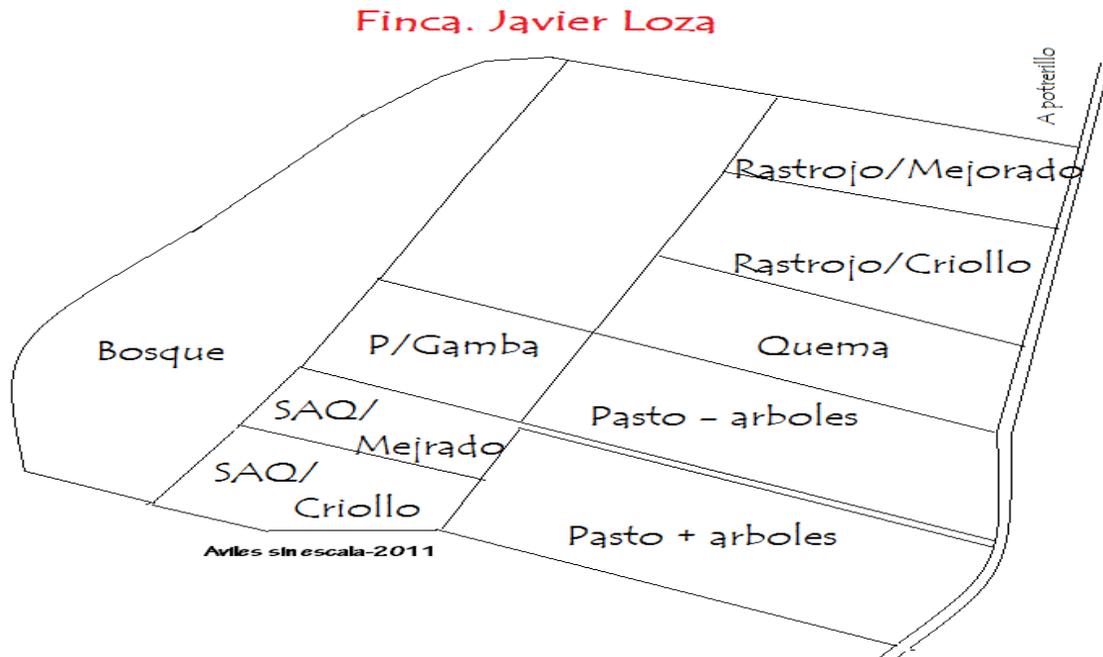
Villegas.G.1972.Tipo de vegetación de los Linares y Hualahuises, N.L. Tesis Lic. Escuela agricultura.Universidad de Guadalajara Mx. 96p.

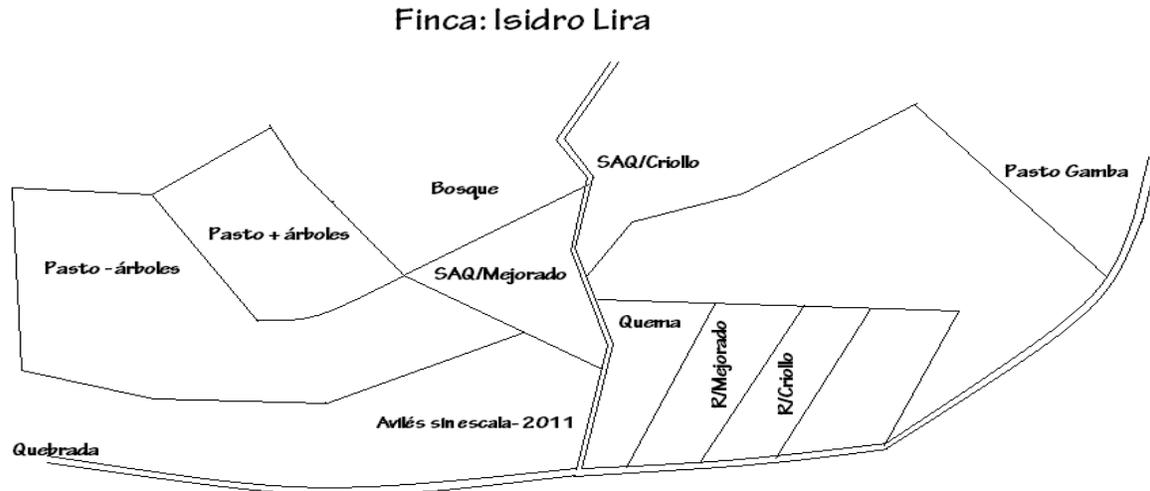
Vine, E; Sathaye, J; Makundi, W. 1999.Guidelines for the monitoring, evaluation, reporting, verification, and certification of forestry projects for climate change mitigation. Ernest Orlando Lawrence Berkeley National Laboratory. 125p.

ANEXOS

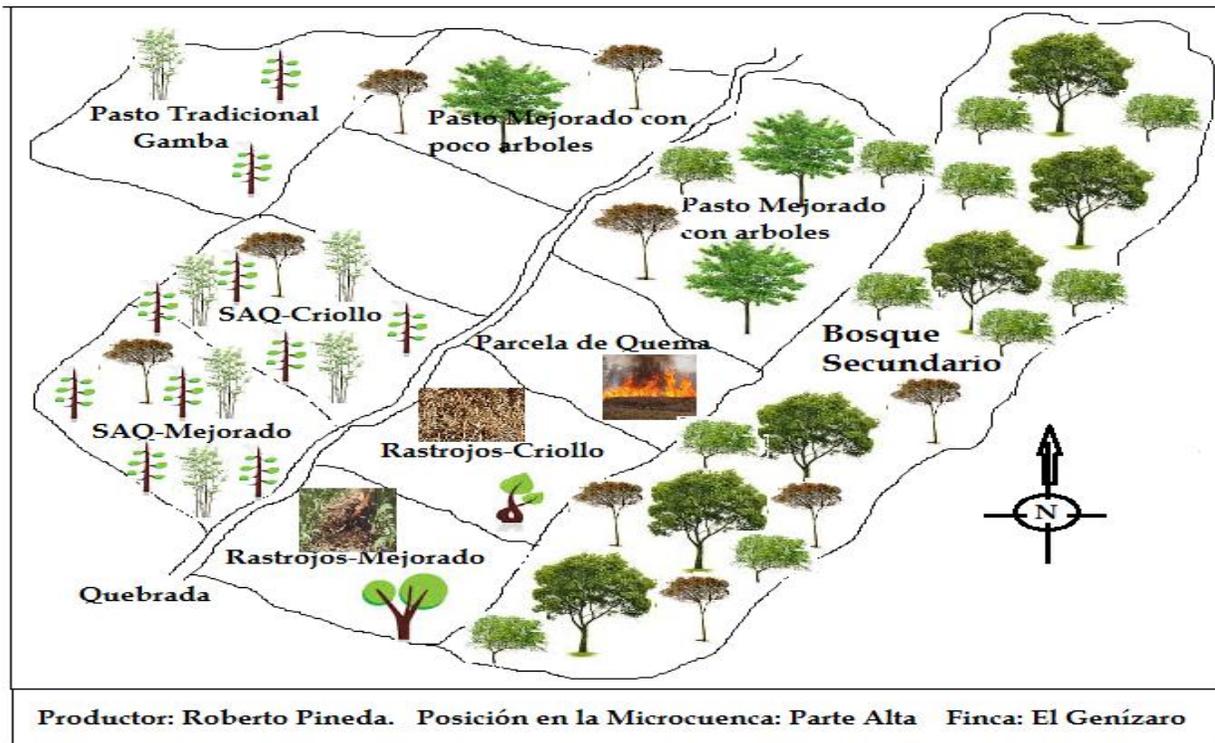
VIII. ANEXOS

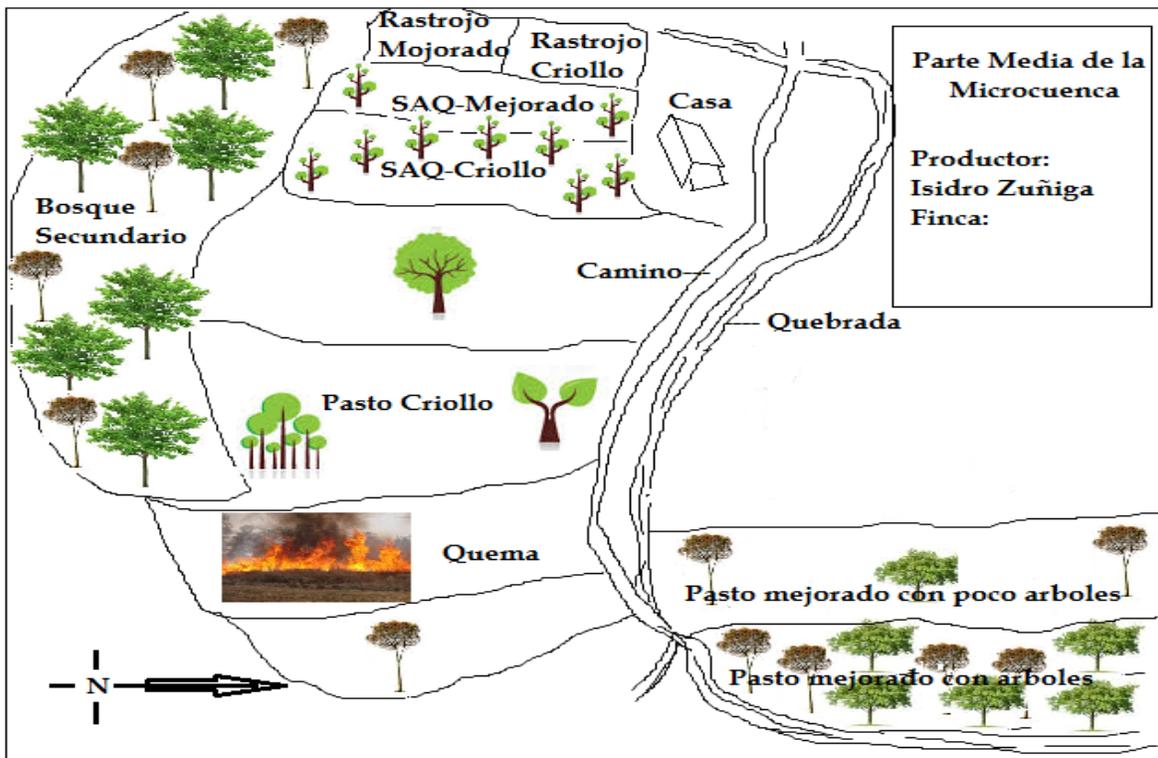
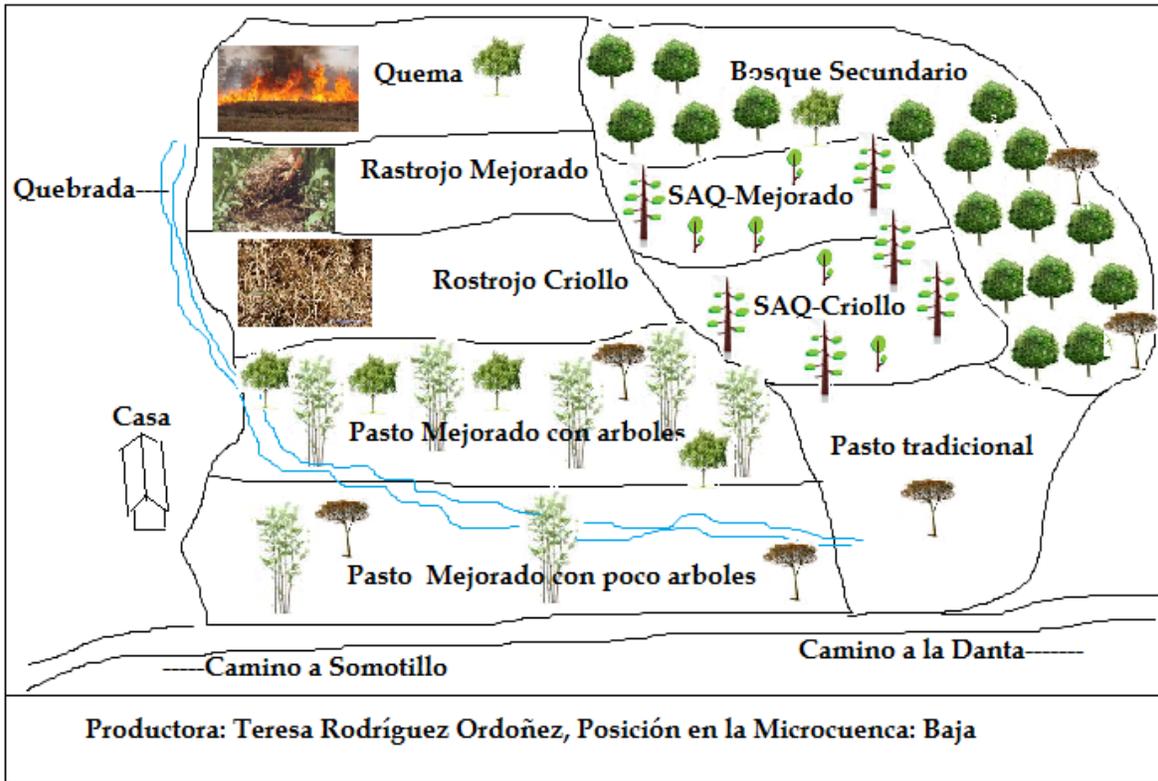
Anexo 1. Parcelas de los productores en tres fincas presentes en las micro cuencas Rio Pire en Condega 2013-2014.





Anexo 2. Parcelas de los productores en tres fincas presentes en las micro cuencas Tecomapa en Somotillo 2013-2014.





Anexo 4. Formato de información general de la finca y sus sistemas productivos.

Micro cuenca: _____

Nombre de los entrevistadores: _____ Fecha: _____

Uso de la tierra: Agrícola (); Agrosilvícola (); Forestal (); Silvopastoril (); Pecuario ()

1.Descripción del sitio	2. Historia de la parcela
<p>Propietario: _____</p> <p>Ubicación geográfica: _____/_____</p> <p>Comunidad: _____</p> <p>Municipio: _____</p> <p>Área parcela: _____</p> <p>Pendiente: _____</p> <p><u>Observación</u></p>	<p>Tiempo de tener el presente Uso: _____</p> <p>Sistema de cultivo presente: _____</p> <p>Variedades (cultivo/pastura): _____</p> <p>Carga animal en pasturas: _____</p> <p>Dosis y manejo de fertiliza.: _____</p> <p>Rendim promedio en los 5 años: _____ <u>qq/mz</u></p> <p><u>Observación:</u></p>

Anexo 5. Formato de muestreo de la biomasa obtenida através de hojarasca y herbácea.

Micro cuenca: _____

Nombre de los entrevistadores: _____ Fecha: _____

Uso de la tierra:

Agrícola () Agrosilvícola ____ () Forestal () Silvopastoril () Pecuário ()

Sub-Parcela: _____m²

No.	HOJARASCA		HERBÁCEA	
	Peso Fresco (gr)	P. muestra (gr)	Peso Fresco (gr)	P. muestra (gr)
1				
2				
3				
4				

Anexo 6. Composición vegetativa con DAP>10 cm presente en distinto uso de suelo en las micro cuencas Tecomapa y Río Pire.

Especie	N. Cientico	Familia	Río Pire			Tecomapa		
			P. Alta	P. Media	P. Baja	P. Alta	P. Media	P. Baja
Acetuno	<i>Simarouba glauca</i>	Simaroubaceae	-	-		1	3	-
Aguja de arra	<i>Xylosma flexuosa</i>	Flacourtiaceae	-	-	4	-	-	-
Arco	<i>Apoplanesia paniculata</i>	Fabaceae	-	1	4	-	-	-
Berberillo	<i>Cochlospermum vitifolium</i>	Bixaceae	-	-	-	9	-	-
Bum bum	<i>Diospyros nicaraguensis</i>	Ebenaceae	-	8	1	2	-	-
Cacho de novillo	<i>Myrospermum frutescens</i>	Mimosaceae	-	-	-	1	-	-
Caoba del pacifico	<i>Swietenia humilis</i>	Meliaceae	-	1	2	1	-	-
Caratillo	<i>Alvaradoa amorphoides</i>	Simaroubaceae	8	-	4	-	-	-
Carbón	<i>Acacia pennatula</i>	Mimosaceae	6	7	1	-	-	-
Cedro	<i>Cedrela odorata</i>	Meliaceae	-	-	-	1	-	-
Chaperno	<i>Lonchocarpus minimiflorus</i>	Mimosaceae	56	1	3	77	3	27
Chilca	<i>Thevetia gaumeri</i>	Apocynaceae	-	-	3	-	-	-
Chinche	<i>Zanthoxylum fagara.</i>	Rutaceae	-	-	3	-	-	-
Cojon de burro	<i>Stemmadenia donnellS</i>	Apocynaceae	-	6	3	-	-	-
Comida de culebra	<i>Hamelia patens</i>	Rubiaceae	-	-	9	-	-	-
Copal	<i>Protium copal</i>	Burseraceae	-	1	-	-	-	-
Cornezuelo	<i>Acacia collinsii</i>	Mimosaceae	-	-	1	1	-	-
Cortez	<i>Tabebuia chrysantha</i>	Bignoniaceae	1	1	2	-	1	2
Flor blanca	<i>Plumeria rubra</i>	Apocynaceae	-	1	-	-	-	-
Frijolillo	<i>Mosquitoxilum jamaicense</i>	Anacardiaceae	-	10	-	-	-	-
Genízaro	<i>Albizia saman</i>	Mimosaceae	-	-	-	1	4	-
Guachipilín	<i>Diphysa robinoides</i>	Fabaceae	12	1	-	1	12	-
Guacuco	<i>Eugenia salamensis</i>	Myrtaceae	-	-	-	-	1	-
Guanacasteblanco	<i>Albizia caribaea</i>	Mimosaceae	-	-	-	3	2	1
Guanacaste negro	<i>Enterolobium cyclocarpum</i>	Mimosaceae	-	-	-	-	11	-
Guapinol	<i>Hymenaea courbaril</i>	Caesalpiaceae	-	-	-	1	20	-
Gacimo molenillo	<i>Luehea candida</i>	Tiliaceae	-	15	16	1	1	-
Guacimoternero	<i>Guazuma ulmifolia</i>	Sterculiaceae	13	-	-	7	6	2
Guayabillo	<i>Myrcianthes fragans</i>	Myrtaceae	3	-	4	-	-	-
Helequeme	<i>Erythrina spp</i>	Fabaceae	1	-	-	-	-	-
Higo	<i>Ficus insípida</i>	Moraceae	1	-	-	-	-	-
Jiñocuabo	<i>Bursera simaruba</i>	Burseraceae	1	6	2	-	5	-
Jocote Jobo	<i>Spondias mombin</i>	Anacardiaceae	2	-	-	-	-	-
Jocote monte	<i>Spondias purpurea</i>	Anacardiaceae	-	1	-	-	-	-
Laurel negro	<i>Cordia alliodora</i>	Boraginaceae	9	1	2	22	27	61

Lechoso	<i>Sapium macrocarpum</i>	Bignoniaceae	-	-	-	14	-	-
Leucaena	<i>Leucaena leucocephala</i>	Mimosaceae	-	3	-	-	-	-
Madero negro	<i>Gliricidia sepium</i>	Fabaceae	1	-	-	-	-	-
Matapalo	<i>Ficus obtusifolia</i>	Moraceae	-	1	-	-	-	-
Miliguiste	<i>Karwinskiacalderoniistandley</i>	Rhamnaceae	8	12	17	2	4	3
Muñeco	<i>Cordia bicolor</i>	Boraginaceae	1	-	1	1	1	-
Madroño	<i>Calycophyllum candidissimum</i>	Rubiaceae	-	-	7	-	-	-
Nancite	<i>Byrsonima crassifolia</i>	Malpighiaceae	2	1		23	2	33
Palanco	<i>Sapranthus nicaraguensis</i>	Annonaceae	-	-	9	-	2	-
Papayon	<i>Jaracatia dolichaula</i>	Caricaceae	-	-	2	-	-	-
Paracai	<i>Neomillspaughia paniculata</i>	Solanaceae	-	-	9	-	-	-
Pata de venado	<i>Bauhinia pauletia</i>	Caesalpiniaceae	-	9	-	8	-	-
Pochote	<i>Bombacopsis quinata</i>	Bombacaceae	-	1	-	-	-	-
Quebracho	<i>Lysiloma spp</i>	Mimosaceae	-	7	4	11	1	8
Quesillo	<i>Malvaviscus arboreus</i>	Malvaceae	-	2	-	-	-	-
Quiata	<i>Clusia rosea</i>	Clusiaceae	-	1	-	-	-	-
Roble	<i>Tabebuia rosea</i>	Bignoniaceae	-	-	-	1	-	-
Sardinillo	<i>Tecoma stans</i>	Bignoniaceae	2	9	2	-	-	-
Sombrad armado	<i>Bumelia obtusifolia</i>	Sapotaceae	7	-	-	-	-	-

PA: parte alta; PM: parte media; PB: parte baja.

Anexo 7a. Análisis de varianza de carbono ($\text{MgC}\cdot\text{ha}^{-1}$) capturado en la hojarasca en sistemas: Forestal, Agrícola, Agrosilvícola, pecuario y SAF en ambos territorios, Tecomapa/Somotillo y Río Pire/Condega, 2013-2014.

Fuente de Variación	SC	Gl	F	P-Valor
Modelo	44.35	5	33.62	0.0001
Productor	44.35	5	33.62	0.0001
Error	55.41	210		
Total	99.76	215		

Anexo 7b. Análisis de varianza de carbono ($\text{MgC}\cdot\text{ha}^{-1}$) capturado en la hojarasca en los sistemas: forestales, Agrícola, Agrosilvícola, pecuario y SAF que se encuentran en Tecomapa a nivel de tratamientos, 2013-2014.

Fuente de variación	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	9.15	8	1.14	2.38	0.0219
Tratamientos	9.15	8	1.14	2.38	0.0219
Error	47.60	99	0.48		
Total	56.74	107			

Anexo 7c. Análisis de varianza de carbono $\text{MgC}\cdot\text{ha}^{-1}$ capturado en la hojarasca en los sistemas: forestales, Agrícola, Agrosilvícola, pecuario y SAF que se encuentran en Río Pire a nivel de tratamientos, 2013-2014.

Fuente de variación	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	3.95	8	0,49	3.19	0.0030
Tratamientos	3.95	8	0.49	3.19	0.0030
Error	15.33	99	0.15		
Total	19.27	107			

Anexo 8a. Análisis de varianza de carbono ($\text{MgC}\cdot\text{ha}^{-1}$) capturado en la Necromasa que se encontró en los sistemas: forestales, Pecuario, SAF en Tecomapa y Rio Pire 2013-2014.

Fuente de variación	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	0.47	5	0.09	0.64	0.6733
Tratamientos	0.47	5	0.09	0.64	0.6733
Error	4.41	30	0.15		
Total	4.88	35			

Anexo 8b. Análisis de varianza de carbono ($\text{MgC}\cdot\text{ha}^{-1}$) capturado en la Necromasa que se encontró en los sistemas: forestales, Pecuario, SAF en Tecomapa 2013-2014.

Fuente de variación	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	1.38	5	0.28	3.08	0.0512
Tratamientos	1.38	5	0.28	3.08	0.0512
Error	1.08	12	0.09		
Total	2.46	17			

Anexo 8c. Análisis de varianza de carbono ($\text{MgC}\cdot\text{ha}^{-1}$) capturado en la Necromasa que se encontró en los sistemas: forestales, Pecuario, SAF en Rio Pire 2013-2014.

Fuente de variación	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	1.83	5	0.37	7.51	0.0021
Tratamientos	1.83	5	0.37	7.51	0.0021
Error	0.59	12	0.05		
Total	2.42	17			

Anexo 9a. Análisis de varianza de carbono ($\text{MgC}\cdot\text{ha}^{-1}$) capturado en arboles con $\text{DAP} > 10$ cm en los sistemas: forestales, pecuario y SAF que se encuentran en Tecomapa y en Rio Pire 2013-2014.

Fuente de variación	SC	gl	F	p-valor
Modelo	144.73	5	0.35	0.8764
Productores	144.73	5	0.35	
Error	2462.23	30		
Total	2606.96	35		

Anexo 9b. Análisis de varianza de carbono ($\text{MgC}\cdot\text{ha}^{-1}$) capturado en arboles con $\text{DAP} > 10$ cm en los sistemas: forestales, pecuario y SAF que se encuentran en Tecomapa a nivel de tratamientos, 2013-2014.

Fuente de variación	SC	Gl	CM	F	p-valor
Modelo	1634.35	5	326.87	14.68	0.0001
Tratamientos	1634.35	5	327.87	14.68	0.0001
Error	267.23	12	22.27		
Total	1901.58	17			

Anexo 9c. Análisis de varianza de carbono ($\text{MgC}\cdot\text{ha}^{-1}$) capturado en arboles con $\text{DAP} > 10$ cm en los sistemas: forestales, pecuario y SAF que se encuentran en Rio Pire a nivel de tratamientos, 2013-2014.

Fuente de variación	SC	Gl	CM	F	p-valor
Modelo	528.29	5	105.66	9.61	0.0007
Tratamientos	528.29	5	105.66	9.61	0.0007
Error	131.94	12	10.99		
Total	660.23	17			

Anexo 10. Análisis de varianza de carbono ($\text{MgC}\cdot\text{ha}^{-1}$) capturado en arboles con $\text{DAP} < 10$ cm en los sistemas: forestales (Sotobosque), en Tecomapa y en Rio Pire 2013-2014.

Fuente de variación	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	2.09	5	0.42	0.68	0.6399
Tratamientos	2.09	5	0.42	0.68	0.6399
Error	41.75	68	0.61		
Total	43.84	73			

Anexo 11a. Análisis de varianza de carbono ($\text{MgC}\cdot\text{ha}^{-1}$) capturado en suelo (COS) en los sistemas: forestales, Agrícola, Pecuaria y SAF en Tecomapa y Rio Pire, 2013-2014

Fuente de variación	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	109.55	5	21.91	2.50	0.0416
Tratamientos	109.55	5	21.91	2.50	0.0416
Error	473.44	54	8.77		
Total	582.99	59			

Anexo 11b. Análisis de varianza de carbono ($\text{MgC}\cdot\text{ha}^{-1}$) capturado en suelo (COS) en los sistemas: forestales, Agrícola, Pecuaria y SAF en Tecomapa a nivel de tratamiento 2013-2014.

Fuente de variación	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	51.43	4	12.86	1.58	0.2099
Tratamientos	51.43	4	12.86	1.58	0.2099
Error	203.16	25	8.13		
Total	254.59	29			

Anexo 11c. Análisis de varianza de carbono ($\text{MgC}\cdot\text{ha}^{-1}$) capturado en suelo (COS) en los sistemas: forestales, Agrícola, Pecuaria y SAF en Rio Pire a nivel de tratamiento 2013-2014.

Fuente de variación	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	12.23	4	3.06	0.27	0.8926
Tratamientos	12.23	4	3.06	0.27	0.8926
Error	280.13	25	11.21		
Total	292.37	29			

Anexo 12. Comparación de carbono almacenado en diferentes usos del suelo de las micro cuencas Tecomapa.

Tratamiento	Hojarasca MgCha⁻¹	Necromasa MgCha⁻¹	DAP>10cm MgCha⁻¹	DAP<10cm MgCha⁻¹	Total aéreo	Suelo MgCha⁻¹
Q	1,16	-	-	-	1.16	7.66
Rt	1,43	-	-	-	1.43	-
Rm	1.37	-	-	-	1.37	-
SQt	1.73	0.53	4.85	-	7.11	7.77
SQm	1.02	0.62	5.00	-	6.64	-
Bs	1.52	0.79	29.84	2	34.15	10.32
Pn	1.28	0.08	1.79	-	3.15	7.12
Pm	0.75	0.44	4.12	-	5.31	-
SSp	0.93	0.03	10.48	-	11.44	9.97
Total	11.19	2.49	56.08	2	71.76	42.84
Promedio	1.24	0.42	9.35	2	7.97	8.57

Anexo 13. Comparación de carbono capturado en distintos usos de suelo presente en la micro cuenca Rio Pire.

Tratamiento	Hojarasca MgCha⁻¹	Necromasa MgCha⁻¹	DAP>10cm MgCha⁻¹	DAP<10cm MgCha⁻¹	Total aéreo	Suelo MgCha⁻¹
Q	0.53	-	-	-	0.53	9.61
Rt	0.34	-	-	-	0.34	-
Rm	0.38	-	-	-	0.38	-
SQt	0.47	0.58	5.70	-	7.02	11.03
SQm	0.48	0.61	6.69	-	7.78	-
Bs	0.64	0.68	18.79	2.17	22.28	10.71
Pn	0.92	0.07	2.09	-	3.08	9.86
Pm	0.87	0.14	4.21	-	5.22	-
SSp	0.58	0.07	5.16	-	5.81	9.38
Total	5.21	2.42	42.64	2.17	52.44	50.59
Promedio	0.58	0.40	7.11	2.17	5.83	10.12