UNIVERSIDAD NACIONAL DE AGRICULTURA

ESTIMACIÓN DE LA CAPTURA DE CARBONO EN SISTEMAS AGROFORESTALES ASOCIADOS A CAFÉ (*Coffea arabica),* COOPERATIVA CAFEL, SANTA RITA, COPÁN

POR:

NIXON EDILBERTO RAMOS MEZA

DIAGNÓSTICO

CATACAMAS **OLANCHO**

MAYO 2019

ESTIMACIÓN DE LA CAPTURA DE CARBONO EN SISTEMAS AGROFORESTALES ASOCIADOS A CAFÉ (*Coffea arabica),* COOPERATIVA CAFEL, SANTA RITA, COPÁN

POR:

NIXON EDILBERTO RAMOS MEZA

A

GERARDO JAIR LAGOS HERNANDEZ M sC

DIAGNÓSTICO PRESENTADO A LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE AGRICULTURA COMO REQUISITO A LA OBTENCION DEL TÍTULO DE LICENCIADO EN RECURSOS NATURALES Y AMBIENTE

CATACAMAS **OLANCHO**

MAYO 2019

UNIVERSIDAD NACIONAL DE AGRICULTURA

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE

PRÁCTICA PROFESIONAL SUPERVISADA

Reunidos en la Sala de Información Geográfica (SIG), adscrita a la Facultad Ciencias de la Tierra y la Conservación de la Universidad Nacional de Agricultura el: **M Sc. GERARDO JAIR LAGOS HERNÁNDEZ, M. Sc. SELVIN ANTONIO SARAVIA MALDONADO y la M Sc. NOELIA TOMASA LARIOS BOJÓRQUEZ ,** miembros del Jurado Examinador de Trabajos de P.P.S.

El estudiante **NIXON EDILBERTO RAMOS MEZA** del IV Año de la Carrera de Recursos Naturales y Ambiente presentó su informe.

"ESTIMACIÓN DE LA CAPTURA DE CARBONO EN SISTEMAS AGROFORESTALES ASOCIADOS A CAFÉ (*Coffea arabica*) COOPERATIVA CAFEL SANTA RITA, COPÁN"

El cual a criterio de los examinadores, aprobó este requisito para optar al título Licenciado en Recursos Naturales y Ambiente

Dado en la ciudad de Catacamas, Olancho, a los veintinueve días del mes de abril del año dos mil diecinueve.

M Sc. GERARDO JAIR LAGOS HERNÁNDEZ.
Consejero Principal

M. Sc. SELVIN ANTONIO SARAVIA M.
Examinador

M Sc. NOELIA TOMASA LARIOS BOJÓRQUEZ
Examinador

DEDICATORIA

A DIOS NUESTRO SEÑOR, Por haberme dado la fuerza, sabiduría, paciencia y todo lo que he necesitado en este largo camino que me ha llevado a de culminar mi carrera con éxito.

A MIS ABUELOS, Aquilino Ramos Q.D.D.G.
María Carias Q.D.D.G,
Anacleto Meza Q.D.D.G,



LIDIA INEZTROZA, Por estar pendiente de todo mi proceso educativo igual brindándome su apoyo incondicional y gracias a eso no me di por vencido.

A MIS PADRES, **Santos Edilberto Ramos Carias y Francisca Alejandra Meza Ineztroza**, por haberme dado la vida y por ser un ese ejemplo por el cual seguiré y que gracias a su apoyo incondicional he culminado con mi meta.

A MIS HERMANOS (AS), Santos Edani Ramos Meza, Juana Idalia Ramos Meza, Alejandro de Jesús Ramos Meza, Juan Bautista Ramos Meza, Aviar Antonio Ramos Meza, Ángel Ivan Ramos Meza, Melin Danelia Ramos Meza, Eber Noel Ramos Meza Carlos Anacleto Ramos Meza, Yeni Jaqueline Ramos Meza y Milton Gustavo Ramos Meza, porque de una u otra manera me han apoyado y no me han dejado solo en todo mi proceso de formación y educación.

A mi hija Alice Dariana Ramos, la cual ha sido mi fuente de inspiración para salir adelante y crecer en conocimiento.

A mis sobrinos (as), Tíos (as) primos (as) y cuñados (as), por estar presentes, apoyando a mis hermanos (as) y de igual manera a mí para que no me rindiera hasta lograr mi meta.

A mi compañero y amigo José Osmin Pérez Deras, ya que me brindó su apoyo incondicional, en el proceso de recolección de datos para realizar el trabajo de investigación.

AGRADECIMIENTO

A DIOS NUESTRO SEÑOR por no abandonarme y dirigirme por el camino correcto para lograr mi meta.

A MIS PADRES, que en todo momento estuvieron pendientes de todo mi proceso educativo, apoyándome y dándome el aliento necesario para poder lograr mi propósito.

MIS HERMANOS y demás familiares, que de una u otra manera estuvieron al pendiente de mí apoyándome en todos los momentos de mi vida.

A RENOVACION UNA, por ser una pastoral católica universitaria ejemplar para una buena formación cristiana católica o para ayudarnos a darle un seguimiento a nuestra fe sin hacernos caer en la tentación y guiarme por el buen camino.

A LA FAMILIA KAIROI, por ser como esa familia de la cual nos encontramos alejados, y por tratarme como un verdadero familiar, es por ello que me he sentido, me siento y me sentiré orgulloso de formar parte de esta gran familia, porque allí he conocido personas que han marcado mi vida y que las recordare siempre.

AL EQUIPO DE MUSICA DE LA PCURUNA, por permitirme seguir poniendo al servicio de Dios el talento que el mismo me regalo, el cual le agradezco por medio del canto.

A mi asesor principal, **M.Sc Gerardo Jair Lagos Hernandez** por brindarme su apoyo y darme los lineamientos necesarios para poder culminar mi PPS con éxito, al igual que a mis asesores auxiliares, **M Sc Noelia Tomasa Larios Bojórquez** y **M Sc Selvin Antonio Saravia Maldonado** por haberme asesorado en mi PPS.

A la **Universidad Nacional de Agricultura**, por haberme acogido durante todo este tiempo y que gracias a los docentes que estuvieron en mi formación en todo este proceso he logrado mi propósito.

ÍNDICE

Página

ACTA DE GRADUACION ..... **i**
DEDICATORIA ..... **ii**
AGRADECIMIENTO ..... **iv**
LISTA DE FIGURAS ..... **viii**
LISTA DE TABLAS ..... **ix**
LISTA DE ANEXOS ..... **x**
RESUMEN ..... **xi**
I. NTRODUCCIÓN **1**
II. OBJETIVOS **2**
2.1. Objetivo General 2
2.2. Objetivos Específicos 2
III. REVISIÓN DE LITERATURA **3**
3.1. Definición de dióxido de carbono 3
3.2. Efecto del dióxido de carbono en el cambio climático 3
3.3 Estimación de la fijación de dióxido de carbono por acumulación de biomasa 4
3.4. Generalidades del dióxido de carbono 4
3.5. Medida de mitigación para las emisiones de CO2 5
3.6 Papel que juegan los sistemas agroforestales en la reducción de CO_2 5
3.7. Principales usos de las especies agroforestales asociadas al café 6
3.8. Clasificación de los Sistemas Agroforestales 6
3.9. Los sistemas agroforestales como alternativa para la captura de carbono 7
3.10. La agricultura y su influencia con las emisiones de CO2 9
3.11. Efecto de los agroquímicos en los sistemas agroforestales 10
IV. MATERIALES Y MÉTODO **11**
4.1 Historia y objetivo de la cooperativa CAFEL 11

4.2 Materiales y equipo 13
4.3 Metodología 13
4.4 Fases en qué se desarrolló la investigación 14
4.5. Variables tomadas en la medición en café 15
4.6. Variables utilizadas en la medición de especies latifoliadas 16
4.7. Cálculo para determinar contenido de biomasa en café 16
V. RESULTADOS Y DISCUCIÓN 19
5.1 Fincas de café asociado en sistema agroforestal 19
5.2 Contenido de carbono determinado en las fincas de café 19
5.3 Contenido de carbono determinado en toneladas por hectárea 21
5.4 Contenido de carbono por cada tipo de las diferentes especies forestales 24
5.5 contenido de carbono por individuo 24
5.6 Número de fincas con y sin sombra 25
5.7 Evaluación de la edad de las fincas 26
5.8 Variedades de café encontradas en la investigación 27
5.9 Contenido de carbono almacenado por plantación de café 28
VI. CONCLUSIONES 29
VII. RECOMENDACIONES 30
VIII. BIBLIOGRAFÍA 31
ANEXOS 34

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Ubicación geográfica de los municipios que fueron objeto de estudio..... 11
Figura 2. Ubicación geográfica del municipio de Santa Rita, Copán 13
Figura 3. Contenido de carbono por finca 21
Figura 4. Contenido de Carbono en t.ha. 23
.**Figura 5**. Contenido de carbono por especie forestal. 24
Figura 6. Cantidad de fincas con y sin sombra. 26
Figura 7. Rangos de edad por finca. 26
Figura 8. Contenido de carbono por edad de la finca. 27
Figura 9. Cantidad de fincas por variedad de café. 28
Figura 10. Medición del distanciamiento entre plantas e hileras 41
Figura 11. Establecimiento de parcelas 41
Figura 12. Sistema agroforestal simultáneo 41

LISTA DE TABLAS

Tabla 1 Contenido de carbono en toneladas por finca..... 20
Tabla 2. Contenido de Carbono en T/ha..... 22
Tabla 3. Contenido de Carbono en total..... 23

LISTA DE ANEXOS

Anexo 1. Cálculo para determinar contenido de carbono en café.....35
Anexo 2. Cálculo para definir contenido de carbono en especies latifoliadas.....38
Anexo 3. Especies encontradas en las fincas 40

RAMOS MEZA, N. E. 2018. Estimación de la captura de carbono en sistemas agroforestales asociados a café *(coffea arabica)*, cooperativa CAFEL Santa Rita, Copan. Diagnóstico Lic. Recursos Naturales y Ambiente. Universidad Nacional de Agricultura Catacamas. No. De paginas 28.

RESUMEN

Se realizó una investigación en el occidente del país (Honduras), específicamente en la Cooperativa CAFEL en el departamento de Copan, con el objetivo de determinar la cantidad de carbono que están fijando las fincas que conforman la cooperativa; estas están ubicadas en los municipios de: Copan Ruinas, Cabañas Santa Rita, San Jerónimo y Florida, y en el departamento de Copán y San Fernando en Ocotepeque, y se evaluaron en total 27 fincas lo cual equivale al 18% de una muestra tomada de 150 fincas en total, el trabajo fue realizado por parte de la cooperativa CAFEL y con el apoyo de la Universidad Nacional de Agricultura. Los resultados obtenidos se presentan en el transcurso del informe para dar a conocer resultados más claros y precisos a los lectores, posteriormente se muestran los resultados expresados en toneladas de carbono por hectárea, por especie que conforma el sistema agroforestal y se muestra la cantidad de CO_2 que fija solo la plantación de café en este caso no se menciona resultado por año porque es primer estudio que se realiza sobre el tema. También se puede conocer algunas especies recomendadas para establecer un sistema agroforestal, siempre y cuando el objetivo sea para generar un mejor ambiente al cultivo asociado.

Palabras claves: plantación, fijación, determinación, establecer, evaluación, precisión.

I. NTRODUCCIÓN

A lo largo de la historia el clima no ha sido constante, algunos estudios han mostrado las variaciones climáticas mediante una escala temporal, de acuerdo con Henry Benavides 2007, a principios del siglo XX y lo que va del siglo XXI se ha presentado uno de los períodos más cálidos. Las altas emisiones de CO_2 es uno de los factores que más influye en esta problemática, pues en el proceso de avance que ha tenido la tecnología y su uso excesivo es uno de los medios que mayor cantidad de CO_2 libera a la atmósfera. Este proceso ha causado gran distorsión principalmente en el ciclo hidrológico, lo cual no es muy difícil de identificar y las estaciones del año son claro ejemplo de ello. **(Benavides Ballesteros y León Aristizabal 2007).**

Los sistemas agroforestales (SAF), de acuerdo con Nair (1993), se definen como aquellos sistemas de uso de la tierra donde especies leñosas perennes se usan y manejan junto con cultivos agrícolas y animales, donde se producen interacciones ecológicas y económicas entre los componentes que son resultado de los arreglos espaciales y temporales. Los sistemas agroforestales también son importantes reservorios de carbono en el tiempo, mismos que dependen de la productividad, la finalidad para la cual se hayan diseñado y las condiciones ambientales bajo las que se desarrollan, además de ser una fuente de alimento y proporcionar alimento para animales. La acumulación de carbono secuestrado es más evidente en los árboles y arbustos mediante la acumulación de biomasa**. (Espinoza-Domínguez *et al.* 2012).**

La presente investigación fortalece la poca información que se encuentra sobre el tema, ya que en el país la cantidad de investigaciones sobre dicho tema es bastante baja. Este informe tiene como objetivo cuantificar el contenido de carbono almacenado en los sistemas agroforestales asociados al cultivo de café *(Coffea Arabica),* en la cooperativa (CAFEL) en el municipio de Santa Rita, Copan. A partir de este trabajo que puede ser tomado como línea base para otras investigaciones también se recomiendan algunas especies para establecer un sistema agroforestal y obtener mejor resultado en el almacenamiento de CO_2.

II. OBJETIVOS

2.1. Objetivo General

Estimar la compensación de carbono en sistemas agroforestales asociados al cultivo de café (*Coffea arabica)* en fincas pertenecientes a la cooperativa CAFEL en el municipio de Santa Rita, Copan

2.2. Objetivos Específicos

Definir la importancia de las especies y su influencia dentro de los sistemas agroforestales.

Determinar la fijación de carbono de las especies que conforman el sistema agroforestal.

Identificar las especies con mayor cantidad de CO_2 almacenado.

III. REVISIÓN DE LITERATURA

3.1. Definición de dióxido de carbono

El dióxido de carbono (CO_2) es un gas incoloro, denso y poco reactivo. Forma parte de la composición de la tropósfera (capa de la atmósfera más próxima a la Tierra) actualmente en una proporción de 350 ppm. (partes por millón). Su ciclo en la naturaleza está vinculado al del oxígeno **(Raynaud. D. *et al*.1993).**

El carbono (C), es uno de los elementos más comunes en el universo, todas las formas de vida en este planeta poseen carbono. Se encuentra en el aire, agua, suelo, en el bosque, en rocas y en combustibles fósiles. El carbono puede ser almacenado como materia inorgánica en rocas, minerales y combustibles fósiles y como materia orgánica en la biomasa viva (plantas y animales) y biomasa muerta (hojarasca, troncos caídos) **(Secretaría de Medio Ambiente y Resursos Naturales 2014).**

3.2. Efecto del dióxido de carbono en el cambio climático

La degradación del medioambiente se manifiesta con un aumento en el uso y escasez del petróleo, escasez de agua, contaminación de los océanos, la extinción de animales y plantas. A esto se suma además la deforestación, el calentamiento global y el cambio climático. Siendo estos indicadores de una problemática que está afectando a toda la humanidad. A los pobres y ricos, a los países desarrollados y a los que están en vía de desarrollo **(Jones et al. 2012)**.

La concentración de carbono ha incrementado en los últimos años de acuerdo al alto uso e incremento de la tecnología. (Robinson 1988) las temperaturas han incrementado a finales del siglo XX ya que fue mediante estos tiempos que la magnitud de incremento fue de 4 Giga toneladas por año. La producción humana industrial de dióxido de carbono

principalmente debido al uso de carbón petróleo, y gas natural y la producción de cemento es actualmente de 8 G.t **(Robinson et al. 2016).**

3.3 Estimación de la fijación de dióxido de carbono por acumulación de biomasa

Para cuantificar la tasa de fijación de CO_2 a través de acumulación de la biomasa para el periodo de cosecha se cuantifica la edad y densidad de siembra de los diferentes lotes de la finca y a partir de estas se estima la edad y densidad ponderada de la finca. Las mediciones se desarrollan en los sitios para cuantificar la misma, esto cuando se mide por sitio los diámetros inferiores en la base del tallo de cada árbol. El diámetro superior se mide en la zona de transición del tallo leñoso, la altura comprende la sección del tallo leñoso, desde la base hasta la zona de transición entre el tallo lignificado y tallo verde **(Emilio y Ot 2015)**.

Es necesario considerar que las tasas de almacenamiento de carbono dependen de la edad y densidad de plantas, fertilidad, tipo de suelo y características del sitio (factores climáticos) y el manejo silvicultural al que se vea sometido el SAF. Los sistemas de producción de *Coffea. arábica* que se encuentran asociados con árboles de *Inga* sp, pueden almacenar hasta 39 $t.C/ha^{-}$ cuando existe alta diversidad de especies nativas asociadas (7 -12 especies por hectárea. La presencia de *Inga* sp. en la zona de estudio se puede relacionar con procesos de certificación cafetera, en los cuales el porcentaje de sombra debe ser mínimo 40% y estar dominada por una o dos especies **(Vega et al. 2014).**

3.4. Generalidades del dióxido de carbono

El dióxido de carbono es uno de los gases traza más comunes e importantes en la atmósfera, en el océano y la tierra, es el más común GEI y el más importante en el calentamiento global. Este gas tiene fuentes tanto naturales como antropogénicas, en relación a lo natural este cumple un rol muy importante en ciclo de carbono, principalmente en procesos biológicos, y en relación a las actividades antropogénicas (humanas) el CO2 se emite principalmente por el uso de combustibles fósiles, (carbón,

petróleo y derivados del gas natural) y la producción de energía através de las quemas, **(Benavides Ballesteros y León Aristizabal 2007)**.

3.5. Medida de mitigación para las emisiones de CO2

El uso de sistemas agroforestales es una medida que aporta directamente a una estrategia conjunta de adaptación y mitigación de cambio climático. El uso combinado de especies forestales y agrícolas contribuye a la diversificación productiva, asimismo a generar microclimas, hechos que disminuyen los riesgos ante cambios en las variables meteorológicas. Por su parte la incorporación de especies forestales en los cultivos, incrementa las reservas de carbono, y por ende, su aporte a la mitigación del cambio climático.

Los sistemas agroforestales son una combinación de especies agrícolas con especies forestales en diversos tipos de arreglo. No existe una definición universalmente aceptada de agroforestería ya que desde fines de los años setenta del siglo pasado han proliferado conceptos sobre este término. En este contexto, el Icraf define a agroforestería como un sistema sustentable de manejo de cultivos y de tierra que procura aumentar los rendimientos en forma continua, combinando la producción de cultivos forestales arbolados **(Elliot 2014).**

3.6 Papel que juegan los sistemas agroforestales en la reducción de CO_2

Esta medida consiste en el establecimiento de plantaciones de café asociado con árboles maderables para un manejo tecnificado, en áreas de pasturas degradadas. La medida de mitigación es un mecanismo para evitar la deforestación, disminuir las emisiones CO_2 así como aumentar el secuestro de carbono. Además, la medida implica ganancias monetarias para los productores.

Dentro de las barreras a superar para la implementación de la medida de mitigación, se incluyen: la falta de capacidad gubernamental para ordenamiento, monitoreo, control, y fiscalización; la falta de campañas de concientización o información a la población; la

oposición política de ganaderos y posiblemente los migrantes; los riesgos de inversión por la inseguridad de la propiedad de las tierras **(Forestal 2016).**

De acuerdo con **(Nair et al., 2009)** el alto potencial de los sistemas agroforestales para retener carbono es considerablemente aceptada en función de su contenido de biomasa, según estudios realizados la retención de carbono está por encima de la superficie en plantaciones de café. Sin embargo, en comparación con los bosques, la retención de carbono es baja ya que el carbono almacenado en las plantas de café es mínimo. Los sistemas agroforestales son de gran importancia para los productores de café, pues aunque el precio de este sea bajo reciben un beneficio económico adicionas por el servicio del ecosistema **(Espinoza-Domínguez etal. 2012).**

3.7. Principales usos de las especies agroforestales asociadas al café

La implementación de especies dentro de los arreglos con C. arabica cumple propósitos ecológicos y funcionales como alimentación, leña y madera. Según **Perfecto (1996)** en Centroamérica, es común encontrar plátano (*Musa spp*.) cítricos (por ejemplo, *Citrus limón*), u otros árboles frutales (por ejemplo *Persea americana y Mangifera indica*) mezclado con *C. arabica*, así como algunos árboles productores de madera y leña, como *Cordia.* olliodora. En Costa Rica la estructura típica de sistemas agroforestales con *C. arabica* está compuesta por arboles de sombra como, *Mangifera indica*, *lnga sp*. y un estrato superior de árboles maderable como *Cedrela odorata* y **(Lagemann et al.1983).**

3.8. Clasificación de los Sistemas Agroforestales

De acuerdo **con (Vega et al. 2014)** los sistemas agroforestales (SAF) se clasifican de varias maneras según su estructura en el espacio, su diseño a través del tiempo, la importancia relativa y la función de los diferentes componentes, los objetivos de la producción y las características sociales y económicas vigentes. Así mismo plantea la siguiente clasificación:

a) Sistemas agroforestales secuenciales: En este tipo de SAF los componentes presentan una relación cronológica entre las cosechas anuales y los productos arbóreos, es decir que los cultivos anuales y las plantaciones de árboles se suceden en el tiempo. En esta clasificación se incluyen los sistemas taungya y la agricultura migratoria.

b) Sistemas agroforestales simultáneos: Consisten en la asociación simultánea y continúa de cultivos anuales o perennes, árboles maderables, frutales o de uso múltiple, o ganadería. Estos sistemas incluyen asociaciones de árboles con cultivos anuales o perennes, huertos caseros mixtos y sistemas agrosilvopastoriles.

c) Sistemas agroforestales de cercas vivas y cortinas rompevientos: Son hileras de árboles que se utilizan para delimitar propiedades o servir de protección para otros componentes u otros sistemas y se les considera como sistemas complementarios de los sistemas nombrados anteriormente.

3.9. Los sistemas agroforestales como alternativa para la captura de carbono

Los sistemas agroforestales involucran la presencia de especies perennes leñosas que interactúan con componentes tradicionales como ser: cultivos, herbáceas, forrajeras y animales. A pesar de diversas modalidades de los sistemas agroforestales que se practican a nivel mundial, su aplicación es más extendida a los trópicos, aproximadamente el 20% de la población mundial depende de los productos agroforestales y de sus servicios en los países en desarrollo. Estos sistemas pueden mantener hasta aumentar las reservas de carbono en la vegetación y en los suelos **(Sánchez, 1995; Nair, 2004)**

Los arboles de sombra en un sistema agroforestal también pueden generar beneficios directos a los pequeños productores de café en función a la variabilidad climática. El cambio climático ha resultado ser preocupante pues incide en la calidad del producto obtenido del café, pero una vez implementada la tecnología o método SAF (Sistemas Agroforestales) se obtienen cambios significativos. Efectivamente se crea un clima agradable para la plantación de café asociada al sistema, lo cual se puede observar en la vigorosidad de la plantación **(Jezeer y Verweij 2015).**

Considerando el tipo de especies que se usen en un sistema agroforestal el uso de ellas es indispensable, para favorecer la productividad de un cultivo de uso bajo sombra. El uso y manejo adecuado de los árboles de sombra tiene por objeto evitar extremos que son perjudiciales, por ejemplo, una sombra excesiva afecta o limita la producción de un cultivo. Por otra parte, un cultivo sin sombra presenta un periodo de vida muy corto, lo cual es provocado por el exceso de luz solar **(Robinson et al. 2016).**

Una de las especies más utilizadas es la *Inga,* esta especie es de rápido crecimiento y su importancia en el asocio con otros cultivos se debe al ambiente que se genera en un sistema agroforestal. En un sistema agroforestal, una plantación de dicha especie en una hectárea de suelo es capaz de almacenar hasta 80 toneladas de carbono. Según Farrel, 1984, la especien *inga* aparte de ser un excelente almacén de carbono, también es muy importante en el secuestro de nitrógeno **(Valencia 2013)**

Aparte de la especie Inga existen otras especies que tienen alto grado de importancia en un sistema agroforestal secuencial, como las especies maderables. Dentro de las especies maderables más importantes se pueden tomar en cuenta edro (*C. odorata*), caoba del Atlántico (*S .macrophylla*) y laurel (*C. alliodora*) y caoba del Pacífico (Swietenia humilis). El uso de este tipo de especies aparte de ser de alta importancia en el asocio con cultivos tales como café y cacao son de alto rendimiento económico, considerando los precios del mercado **(Rica 2012).**

El madreado es considerado una de las mejores especies de sombras en sistemas agroforestales, es una de las más destacadas debido a su rápida adaptación a diferentes tipos de clima. Aparte de ser una especie de rápido crecimiento y adaptación es una gran fijadora de carbono y nitrógeno, tomando en cuenta que también es muy buena en la producción de nutrientes para el suelo. El almacenamiento de carbono en el madreado no se debe a un alto volumen, si no a su bifurcación y acelerado crecimiento anual **(Informativa et al. 2016)**

En Honduras a penas se inicia la costumbre de incorporar especies maderables dentro de las plantaciones de café. Pero al igual que en el cacao se estima que la incorporación y

manejo de árboles maderables en el café puede contribuir a diversificar más la producción de las fincas, además del beneficio ecológico que proporciona. Actualmente existe mucho interés a nivel regional en lograr una producción de café mucho más sostenible, donde especialmente los árboles maderables juegan un papel muy importante, como diversificar la producción y el logro del aporte sustancial que representa en términos económicos **(FHIA y Unión Europea 2004)**.

3.10. La agricultura y su influencia con las emisiones de CO2

La agricultura es el sustento para la alimentación de una población mundial creciente. La agricultura es la cuarta causa de emisiones de GEI. Las emisiones del sector agrícola presentan inconsistencias debido a factores como falta de información y de acceso a esta, considerando que los pequeños productores en su mayoría realizan este acto inocentemente. También se puede tomar en cuenta que aproximadamente el 40% de los ecosistemas terrestres se han visto afectados por actividades agrícolas, pues en algunos países subdesarrollados es el único medio de supervivencia.

El papel de la agricultura en la lucha contra el cambio climático está ampliamente reconocido a nivel internacional. No sólo existen enormes reservas de materia orgánica en las tierras de cultivo en forma de biomasa vegetal o humus de suelo, las cuales generarían grandes cantidades de gases de efecto invernadero (GEI) en el caso de su pérdida, sino que la práctica agrícola conlleva serias emisiones debido al uso de maquinaria, a la fabricación de fertilizantes o a modalidades de cultivo sobre terrenos inundados **(Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo2016).**

La agricultura en particular, como todas las actividades de uso de la tierra en general, tiene una gran importancia como reservorio de carbono. Este elemento es la base de la química de la vida y, por tanto, se encuentra en todos los compuestos relacionados con ésta, o sea, en la materia orgánica enn su formación, se absorbe CO_2 del aire, y en su degradación se devuelve este gas a la atmósfera **(Canet y Pérez-Piqueres 2017).**

3.11. Efecto de los agroquímicos en los sistemas agroforestales

Se maneja que el uso de agroquímicos reduce el número de trabajadores en el control de malezas lo cual es comparado con la desyerbada con machete o azadón, puesto que se pueden reducir los costos. Lamentablemente se genera pérdida de diversidad, problemas de resistencia, incremento de plagas y enfermedades y desempleo en las zonas cafeteras entre otros. El control con herbicidas es efectivo con malezas perennes altamente competitivas, como pastos y otras especies de común incidencia, especialmente las de hoja ancha **(Risaralda et al. 2003)**

Un herbicida es un producto capaz de alterar la fisiología de las plantas durante un periodo suficientemente largo, como para impedir su desarrollo normal, o causar su muerte. Los herbicidas afectan principalmente cuatro procesos en la planta: la fotosíntesis, el metabolismo celular, el crecimiento y la división celular. El glifosato principalmente es uno de los herbicidas más usados en la zona cafetera, este es uno de los que más afecta pues aparte de los efectos antes mencionados, esta crea una capa semipermeable en el suelo, lo cual minimiza la entrada de agua en el sistema radicular de las plantas **(Garcia y Gutierrez 2009)**

IV. MATERIALES Y MÉTODO

La investigación se realizó específicamente en la zona occidental del país en los departamentos de Copán y Ocotepeque, lo cual comprende los municipios de Santa Rita, Copán Ruinas, San Gerónimo Cabañas, en el departamento de Copán y San Fernando en Ocotepeque, (Ver figura 1)

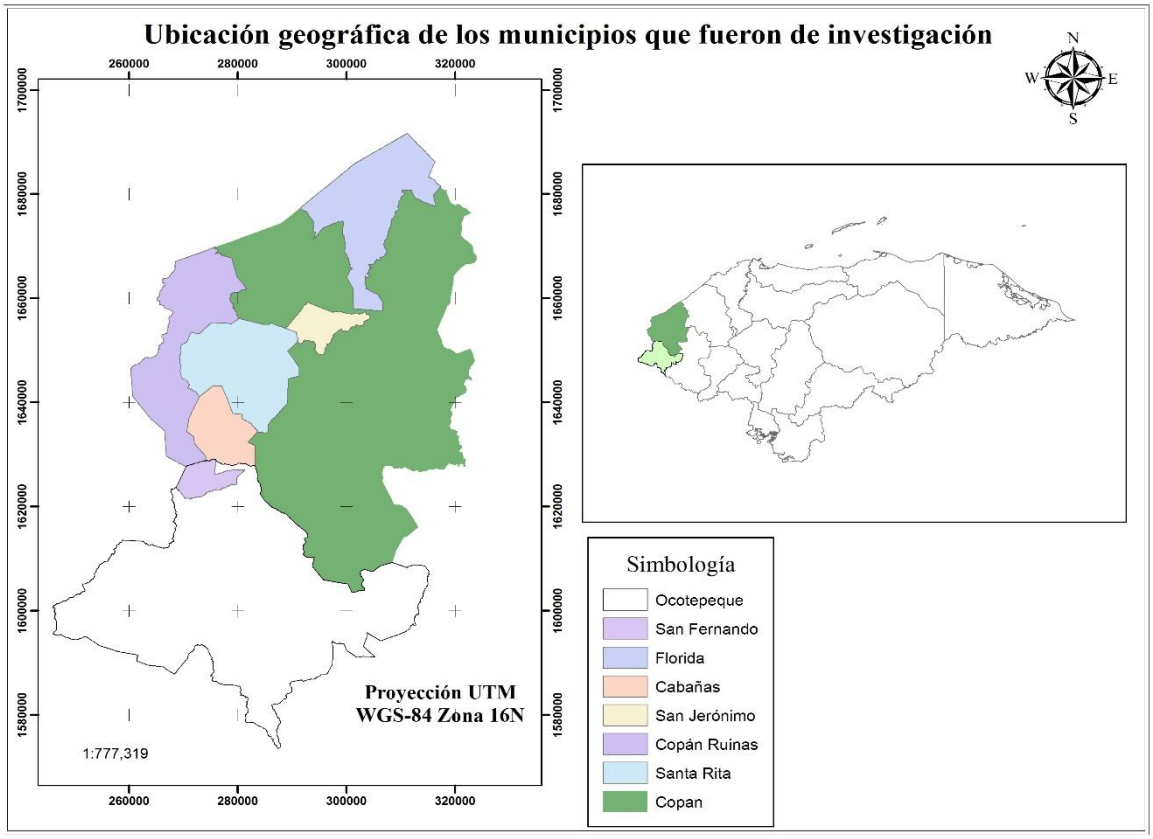


Figura 1. Ubicación geográfica de los municipios que fueron objeto de estudio

4.1 Historia y objetivo de la cooperativa CAFEL

La historia de la Cooperativa Cafetalera Fraternidad Ecológica Limitada (CAFEL), recibe este nombre en honor a la lucha por la conservación de su ecología y medio ambiente, lo cual significa la Esperanza de un mercado justo y seguro para el café de sus asociados. También incluye el desarrollo socioeconómico en sus comunidades, para un mejor mañana para sus familias. La cooperativa CAFEL fue fundada en enero del 2003 con 22

productores de café organizados, preocupados inicialmente por el tema de comercialización, cansados de ser víctimas de los abusos de coyotes e intermediarios que no pagan ni reconocen la calidad de origen del café de sus asociados.

El objetivo de la cooperativa CAFEL es la construcción de un modelo de producción eco-sostenible y socialmente responsables al hacer uso de los recursos naturales, orientado a conservar la calidad de sus productos, garantizando la incidencia de mercados diferenciados; comprometidos a la mejora continua de la calidad de vida de los habitantes **(CAFEL 2016).**

La cooperativa Cafetalera Fraternidad Ecológica Limitada (CAFEL) fue fundada en el 2003 por 22 pequeños productores de café que ya no querían tratar con los comerciantes locales que no valoraban la calidad de sus productos. Además de café la cooperativa vende cacao producido por alrededor de 10 miembros, que buscan ganar ingresos adicionales para mejorar el bienestar de sus familias. CAFEL es la primera procesadora de café en el país en utilizar un proceso de secado mecánico ecológico. **(CAFEL 2016)**

La cede de la cooperativa cafetalera Fraternidad Ecológica Limitada cuenta con dos centros de acopio uno ubicado en las Malvinas, Santa Rita Copán, y el otro en San Fernando Ocotepeque se encuentra ubicada en el occidente del país en el departamento de Copán, municipio de Santa Rita, como se muestra en la **figura 2**.

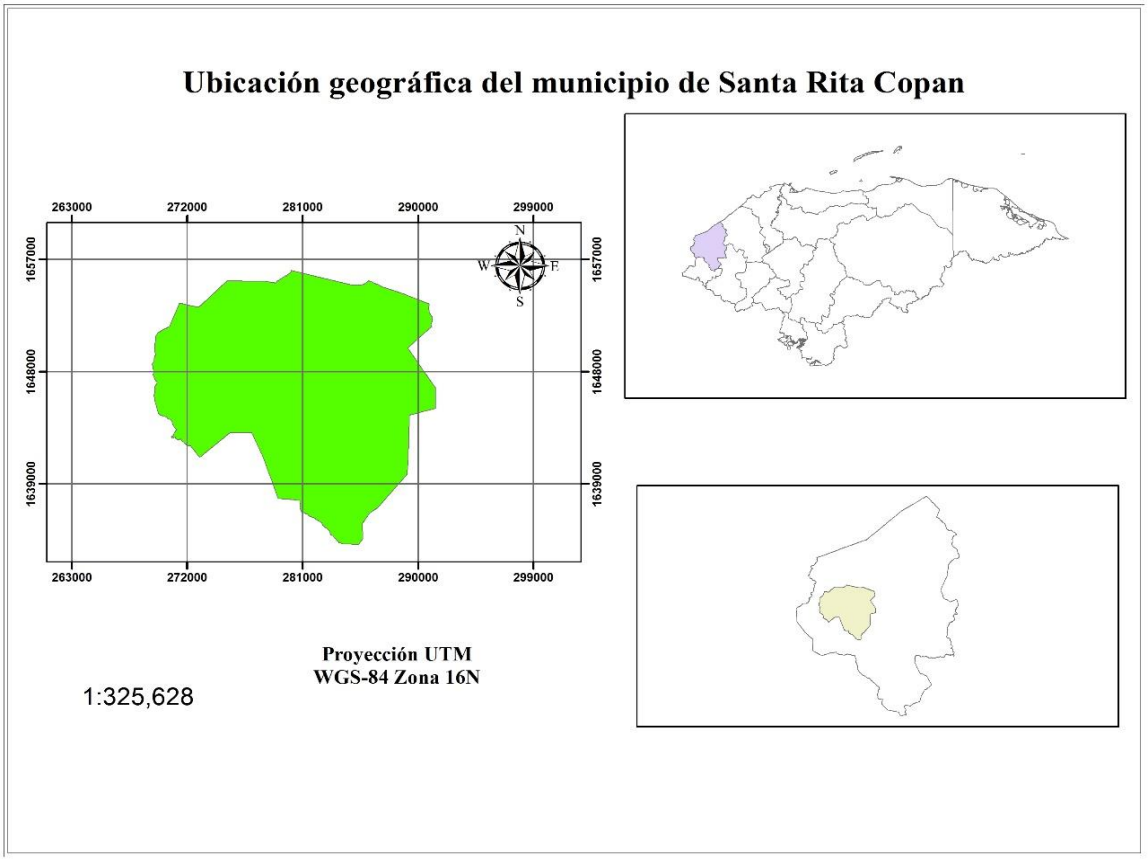


Figura 2. Ubicación geográfica del municipio de Santa Rita, Copán

4.2 Materiales y equipo

Los materiales y el equipo son factores fundamentales para la realización de este trabajo de investigación, para ello se necesitó libreta de apuntes, lápiz, una cinta métrica, un GPS Garmin, calculadora científica y computadora en la cual se utilizaron los software ArcMap 10.4.1 para realizar los mapas de las fincas que fueron la zona de estudio, finalmente se utilizó Microsoft Excel para realizar los cálculos.

4.3 Metodología

El trabajo de investigación consiste en obtener y analizar datos los cuales fueron obtenidos de la medición realizada en los sistemas agroforestales para generar información referente a la captura de carbono realizada en la Cooperativa CAFEL Santa

Rita, Copán. En la cual, fueron objeto de estudio las fincas de los productores de café, asociados a dicha cooperativa. El trabajo se realizó durante los meses, de septiembre a diciembre del año 2018

Para realizar el trabajo de investigación se siguió una serie de pasos, la cual es indispensable para obtener resultados con el mayor grado de confiabilidad. En este caso se tomó como medio principal el uso del navegador GPS, el cual fue de mucha importancia, ya que para realizar la extracción de datos de las fincas se tomó como primer paso trazar el perímetro de las fincas, posteriormente se procedió a crear un mapa con sus respectivas coordenadas para ubicar el área de estudio

4.4 Fases en qué se desarrolló la investigación

a) Primera fase: esta etapa consistió en realizar una presentación al personal de la cooperativa, en esta se definió como sería el proceso de realización de la investigación y así tomar en cuenta algunas limitantes que se podrían presentar en el proceso de recolección de la información.

b) segunda fase o fase intermedia: en esta etapa se realizó la socialización de la investigación a los propietarios de las fincas que fueron consideradas en el estudio, posteriormente se procedió a realizar el levantamiento de información. En la medición de la plantación de café se consideró el distanciamiento, tanto entre plantas como entre hilera. Respecto a la medición de las especies de sombra se establecieron parcelas de 12.62 metros de radio, y de las plantas ubicadas dentro de esta fue considerado el DAP.

c) Tercera fase o fase final: en esta etapa se realizó el análisis de la información obtenida en campo. En esta se dio uso de los sistemas de información geográfica SIG para determinar el perímetro de la finca lo cual fue de mucha importancia para definir el área total de cada plantación. Para el análisis del contenido de biomasa se utilizó una base de datos en Excel para determinar el contenido de biomasa total multiplicado por el

contenido de carbono, y esto en función del área se obtuvo el contenido de carbono por finca y por hectárea.

Una vez obtenido el perímetro y forma de la finca se procedió a realizar el levantamiento de información de la misma para la cual se utilizó un formato (tabla) que define radio y altura en el caso de las plantas de café, y para las especies latifoliadas también se utilizó una tabla para definir DAP e identificación de las especies. Para realizar esta medición se utilizó una cinta métrica, En este procedimiento se tomaron en cuenta las siguientes variables.

4.5. Variables tomadas en la medición en café

Para calcular contenido de carbono en una plantación de café se realizó la medición del distanciamiento entre plantas e hileras **(Como se muestra en la figura 1)** y posteriormente se procede a realizar una base de datos en formato tabla **(Ver anexo 1)**

Variable	Definición	Descripción
R	Radio mayor	Este se toma en la base del árbol de café para definir su diámetro, y su unidad de medida es en metros.
r	Radio menor	Se toma en la parte superior del tallo de la planta de café tomando en cuenta la sección leñosa de la misma.
Altura	La altura es una longitud o una distancia de una	En esta también se toma como unidad de medida, metros, la cual en función del diámetro, da como

	dimensión geométrica, usualmente vertical	resultado la cantidad de biomasa que se encuentra presente en una planta

4.6. Variables utilizadas en la medición de especies latifoliadas

Para determinar dichas variables se trazó una parcela con un radio de 12.67 metros la cual solo se realizó para el levantamiento de información en especies latifoliadas **(Ver figura 2).**

Variable	Descripción	Definición
DAP	Diámetro altura al pecho	En este al igual que en el café se toman 1.3 metros de la base del árbol y también su unidad de medida es en metros
Constantes 0.1184 y 2.53	Es un valor de tipo permanente, ya que no puede modificarse, al menos no dentro del contexto o situación para el cual está.	Estas constantes se utilizan para definir el volumen en m^3. Estas se aplican: 0.1184 multiplicado por rl DAP y elevado al 2.53. Ej. **$0.1184DAP^{2.53}$**

En la figura 3 se puede observar el establecimiento de un sistema agroforestal simultáneo. Posteriormente se utilizó una base de datos en la cual se refleja el resultado de los cálculos realizados de los datos que se obtuvieron en el campo. **(Ver anexo 1)**

4.7. Cálculo para determinar contenido de biomasa en café

La estimación de la biomasa del café puede establecerse a partir del volumen de las secciones leñosas del tallo (Volumen útil leñoso), la cual se estima con la ecuación

volumen útil de tallo multiplicado por densidad de la madera de café y a partir del promedio de diferentes lecturas del lote más pertinente en función de la edad y densidad ponderada se puede proyectar la acumulación de la biomasa total multiplicando por el total de árboles (Callo-concha *et al*. 2004).

De acuerdo con Callo-concha *et al.* (2004) la fórmula para calcular la biomasa de café será la siguiente:

$$Vs = {}^{1}/_{3} \,.\, \pi . h \, (R^2 + r^2 + (R + r))$$

Dónde:
Vs = Volumen de la sección (m^3).
h = Altura de la sección (m).
R = Radio Mayor (m).
r = Radio menor (m).

Para determinar biomasa arbórea son varios los modelos diseñados para estimar los volúmenes de esta, todos indirectamente, por inferencia de sus principales medidas biométricas, generalmente altura, DAP, y densidad **(CIFOR *et.al.*, 1998).** En la estimación de biomasa de árboles vivos y muertos en pie, la mayor parte y su cálculo de carbono retenido, se sugiere el modelo de Palm (2000), que se comenta lo maximiza **Callo-Concha *et al.* (2004).**

Para ello se utilizó la fórmula propuesta por Ceijas (1999) y Palm (2000):

$BA = 0.1184\ DAP^{2.53}$

Dónde:

BA = Biomasa de árboles vivos y muertos de pie (m).
0.1184 = Constante.
DAP = Diámetro a la altura del pecho (m).
2.53 = Constante.

Se consideró la fórmula propuesta por Ceijas (1999) y Palm (2000) para el cálculo del contenido de carbono, como ser:

Contenido de carbono a partir de biomasa

CC = B 0.45

Donde:

CC = Contenido de carbono.
B = Biomasa vegetal.
0.45 = Constantes (proporción de carbono).

V. RESULTADOS Y DISCUCIÓN

5.1 Fincas de café asociado en sistema agroforestal

La cooperativa CAFEL posee 352 productores a mayo del año 2019, de estos solamente se encuentran activos 230; de estos fueron considerados 150 productores, ya que eran fincas donde se tenía mayormente acceso, otros por poseer su residencia en San Pedro Sula fueron descartados del presente estudio, se añade que otros tenían su finca recién bajo el impacto de la poda de saneamiento (recepa); en tanto, otros tenían la finca en proceso de recuperación del daño ocasionado por la roya (*Hemileia vastatrix*).

En alusión a lo anterior, el tamaño de la muestra para el estudio fue de 27 productores representando el 18%, siendo el criterio de elección fundamental, que fueran miembros muy activos, demostrado a través de la asistencia a reuniones y eventos de capacitación; además se procuró visitar fincas cercanas a la oficina principal de la CAFEL ubicada en el municipio de Santa Rita de Copán. Cabe mencionar que de estos existen 3 fincas cuyas propietarias son mujeres.

5.2 Contenido de carbono determinado en las fincas de café

Las fincas visitadas en su mayoría corresponden a áreas totales, solamente en los casos de los Sres. Orlando Oliva y Manuel Cardona son muestras dado que sus áreas activas son 200 y 12 ha respectivamente. Por esta razón se consideró para el presente estudio 25 áreas totales y 2 a nivel de muestra por la magnitud de las mediciones que implica en campo. En promedio el tamaño de finca por productor es de 2.19 ha (3.14 mz), con un rango de 0.70 a 6.80 ha (Cuadro 1).

En cada finca se determinó la cantidad de toneladas de carbono fijadas en el sistema agroforestal denotando que estas 27 fincas han fijado hasta el presente estudio 2,020.9 ton/C, de estas corresponden 97.16% al componente forestal y 2.84% a las plantas de café, se aprecia claramente que la cobertura de café, en este caso latifoliadas son las que

fijan mayormente Carbono (Cuadro 1) Figura 3

Cuadro 1. Contenido de carbono en toneladas por finca.

No	Nombre	Área (Ha)	Área (Mz)	Ton/C en Latifoliadas	Ton/C/ café
1	Andrés Arita	1.60	2.29	63.02	2.56
2	Ángel Arita	2.01	2.87	58.04	2.19
3	Crescencio Arita	1.50	2.15	41.13	1.45
4	David Rolando Arita	1.64	2.35	47.67	1.03
5	Emilio Arita	1.13	1.62	61.03	2.20
6	Doris Fuentes	3.48	4.98	161.38	2.48
7	Eliodoro Gálvez	1.60	2.29	55.08	1.55
8	Juan Ramón Alvarado	2.15	3.07	97.00	1.54
9	Orlando Oliva	2.23	3.19	100.00	2.65
10	Oscar Gálvez	6.80	9.71	98.00	6.03
11	Oswaldo Rodríguez	0.73	1.05	80.00	0.80
12	Arnulfo Alvarado	1.45	2.07	107.23	1.44
13	Blanca Rosa Leiva	0.70	1.00	14.23	0.52
14	Juventino Monrroy	1.48	2.12	54.78	1.42
15	María Fuentes	1.80	2.60	100.00	1.92
16	Nahun Cardona	5.32	7.60	120.00	3.06
17	Obed Leiva	1.41	2.12	104.29	2.25
18	Oscar Ortiz	3.97	5.67	95.00	3.00
19	Rolando Monrroy	1.61	2.30	57.42	2.53
20	Edvin Leiva	2.74	3.91	110.00	2.48
21	Francisco Orellana	1.36	1.94	0.00	1.43
22	Fredy Lopez	1.20	1.72	56.72	1.37
23	Hector Arita	1.43	2.04	29.49	1.37
24	Jorge Alberto Arita	2.81	4.01	60.59	1.62
25	José Prudencio	2.91	4.16	85.00	4.56
26	Manuel Cardona	2.83	4.05	27.85	2.20
27	Mario López	1.36	1.94	78.46	1.85

	Total	**59.25**	**84.82**	**1,963.41**	**57.49**

En la figura 3 se observa el contenido de carbono por finca lo cual ilustra lo antes mencionado en la explicación del cuadro.

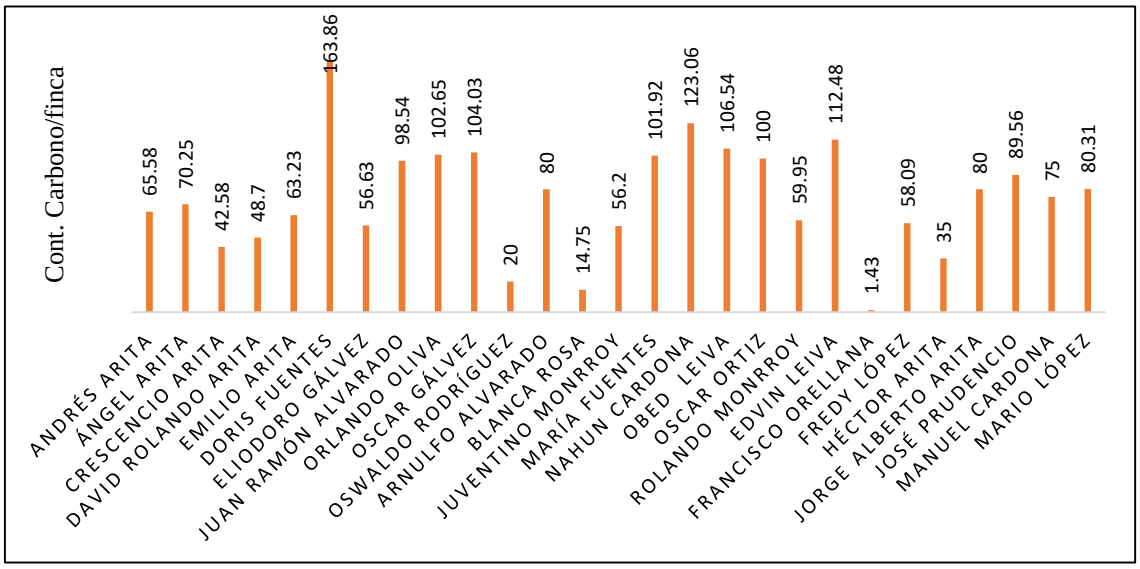


Figura 3. Contenido de carbono por finca

Cabe mencionar que las diferencias en los valores de cálculo del carbono en las plantas de café, se debe al distanciamiento entre plantas e hileras, dado que, al momento de determinar el cálculo del total de plantas por finca, este aspecto incide, dado que son muestreos son los que se realizaron, que implica no medir planta por planta, sino más bien un submuestreo a nivel de parcelas. Otra diferencia es el área, tal es el caso del Sr. Oscar Gálvez que suya finca es de 6.03 ha.

En el caso de las especies latifoliadas los valores varían desde cero, como el caso de la finca del Sr. Francisco Orellana, que está a pleno sol y solamente registra el valor de captura de carbono denotado por las plantas de café con 1.43 Ton/C, hasta 161.38 Ton/C en la finca de la Sra. Doris Fuentes, cuyas especies son longevas, árboles de pino (*Pinus sp.*) mayores a 35 m de altura comercial y de liquidámbar (*Liquidambar styraciflua*), también la densidad de los árboles dentro de la finca incide.

5.3 Contenido de carbono determinado en toneladas por hectárea

El contenido promedio de carbono calculado en toneladas por hectárea fue determinado en función del área total de las fincas, considerando la suma total tanto de las especies de sombra como la plantación de café, de las cuales la finca que presentó mayor contenido de carbono por hectárea fue la del Sr. Obed Leiva con 75 tonelada por hectárea, lo cual se debe a la densidad y edad de las especies de sombra. La que presenta menor contenido mediante el cálculo realizado es la del Sr. Oscar Gálvez, con una fijación de 15 toneladas de carbono por hectárea, debemos considerar que en este caso solo se han tomado en cuenta las fincas con sombra (Cuadro 2).

Cuadro 2. Contenido de Carbono en t.ha.

No	Nombre	Área (Ha)	Área (Mz)	Contenido C. Total	Contenido promedio C. Ton/ha
1	Andrés Arita	1.60	2.29	65.58	40.99
2	Ángel Arita	2.01	2.87	70.25	34.95
3	Crescencio Arita	1.50	2.15	42.58	28.38
4	David Rolando Arita	1.64	2.35	48.70	29.70
5	Emilio Arita	1.13	1.62	63.23	55.96
6	Doris Fuentes	3.48	4.98	163.86	47.09
7	Eliodoro Gálvez	1.60	2.29	56.63	35.39
8	Juan Ramón Alvarado	2.15	3.07	98.54	45.83
9	Orlando Oliva	2.23	3.19	102.65	46.03
10	Oscar Gálvez	6.80	9.71	104.03	15.30
11	Oswaldo Rodríguez	0.73	1.05	20.00	27.40
12	Arnulfo Alvarado	1.45	2.07	80.00	55.17
13	Blanca Rosa	0.70	1.00	14.75	21.11
14	Juventino Monrroy	1.48	2.12	56.20	37.97
15	María Fuentes	1.80	2.60	101.92	56.62
16	Nahun Cardona	5.32	7.60	123.06	23.13
17	Obed Leiva	1.41	2.12	106.54	75.56
18	Oscar Ortiz	3.97	5.67	100.00	25.19
19	Rolando Monrroy	1.61	2.30	59.95	37.23
20	Edvin Leiva	2.74	3.91	112.48	41.05

21	Francisco Orellana	1.36	1.94	1.43	1.05
22	Fredy López	1.20	1.72	58.09	48.41
23	Héctor Arita	1.43	2.04	35.00	24.48
24	Jorge Alberto Arita	2.81	4.01	80.00	28.47
25	José Prudencio	2.91	4.16	89.56	30.78
26	Manuel Cardona	2.83	4.05	75.00	26.50
27	Mario López	1.36	1.94	80.31	59.05
	Total			**2,062.50**	**998.79**

En la figura 4 se observa el contenido de carbono expresado en toneladas por hectárea, producto de cada una de las fincas evaluadas. La diferencia entre las fincas se debe a la cantidad de árboles que poseen porque como se habrá visto antes las plantas de café fijan menos carbono en comparación con el componente arbóreo.

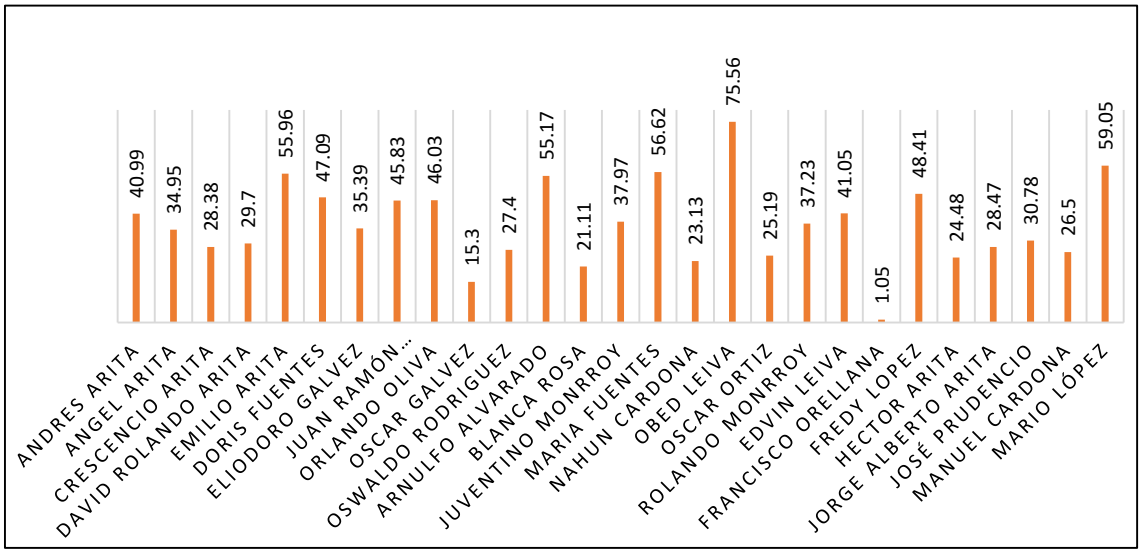


Figura 4. *Contenido de Carbono en t.ha.*

Por lo tanto, en resumen, el C total asciende a 2,062.50 en 59.25 ha con un promedio de 34.81 Ton de C por ha en cada finca de cada uno de los 27 productores donde se realizó la investigación (Cuadro 3).

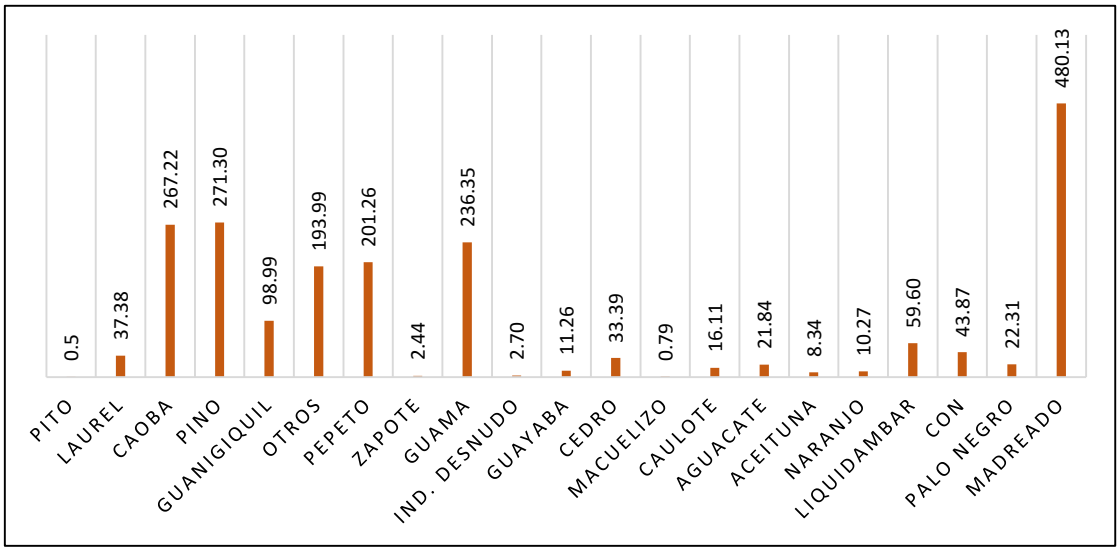
Cuadro 3. *Contenido de Carbono total.*

C. carbono total	Total de Ha	Promedio. C Ton/Ha

2,062.50	59.2487	34.81

5.4 Contenido de carbono por cada tipo de las diferentes especies forestales

Se determinó en base al muestreo de fincas mediante parcelas de 500 m^2, que tipo de individuos utilizados en sombra ha fijado mayor cantidad de carbono hasta la actualidad, en la figura 4 se definen dichos individuos identificados con su nombre común y el contenido de carbono por cada una de ellas, en este caso el tipo de que sobresalió con 480.13 T.C C fue el madreado (*Gliricidia sepium*), debido a la cantidad en las fincas y la densidad de plantas en el área y en el caso del pino (*Pinus* spp.) que ocupa el segundo lugar en captura de carbono con 271.30 Ton C, su contenido se debe al alto contenido de biomasa y la densidad de árboles por finca (Fig. 5 y Anexo 3). En el caso de otros, se refiere a tipo de árboles desconocidos, por lo tantono fueron identificados y que se sugiere en la próxima investigación puedan serlo.



.***Figura 5****. Contenido de carbono por especie forestal.*

5.5 contenido de carbono por individuo

El contenido de carbono por individuo fue determinado en función a la edad y cantidad de individuos por cada tipo y algunos de la misma especie. En primer lugar con mayor contenido de carbono encontramos el liquidámbar y el pino, pues en el caso del pino 23

individuos capturan un promedio de 11.79 t.C por individuo, y el liquidámbar 5 individuos captura un promedio de 11.8 t.C, debemos considerar que estas especies son de avanzada edad y tienen un periodo de crecimiento lento pero al momento de llegar a su punto de madurez obtienen un alto contenido de biomasa. En el caso del madreado (*Gliricidia sepium*) el alto contenido de carbono que se representa en la **figura 5** se debe a que fue el número de individuos mayormente encontrados en la muestra que se tomó en el desarrollo de la investigación con un total de 238 individuos con un contenido de carbono promedio de 2.01 toneladas por individuo figura 6.

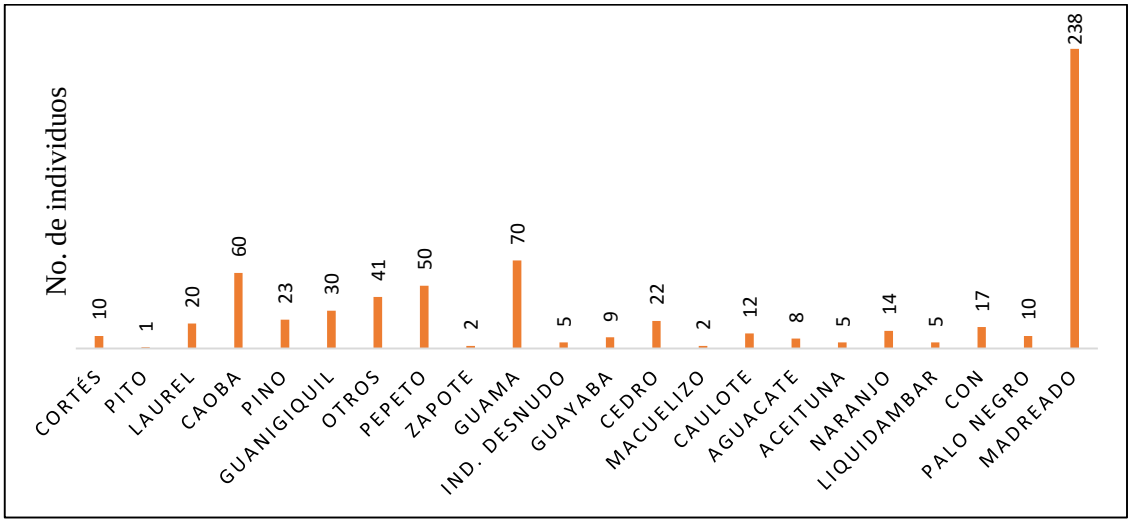


Figura 6. Contenido de carbono por individuo

5.6 Número de fincas con y sin sombra

Mediante el estudio realizado en 27 fincas se observó que una finca no poseía sombra, lo cual valida los resultados del contenido de carbono total, ya que esta posee menos carbono que las demás, la diferencia se debe a la cantidad de árboles; es decir la biomasa, cantidad que se debe en gran parte al número de fincas y su contenido de sombra ya que una finca sin sombra, en función de su contenido de biomasa la cantidad de carbono que fija es mínima (Fig. 7).

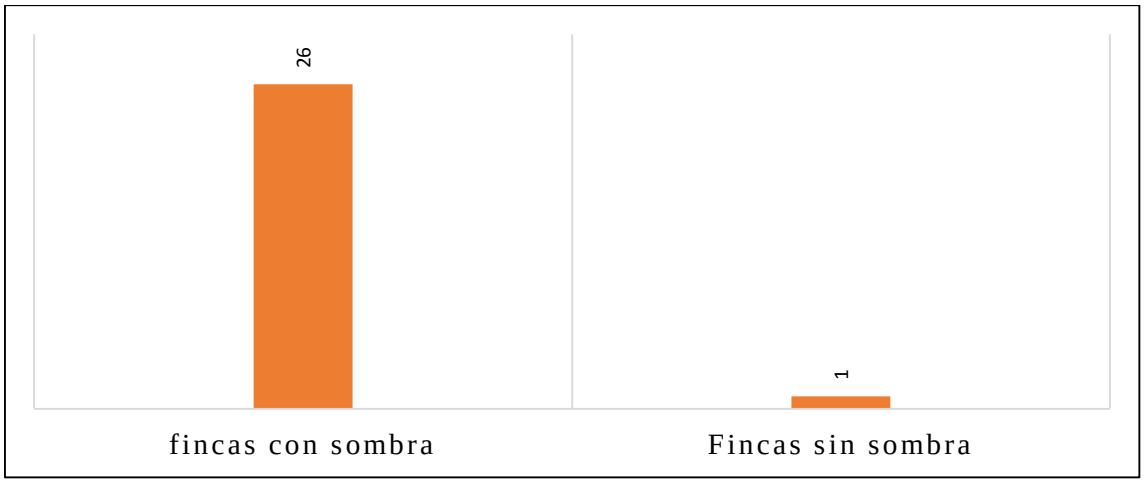


Figura 7. Cantidad de fincas con y sin sombra.

5.7 Evaluación de la edad de las fincas

Se calculó la edad de las fincas en rangos, y el número de las mismas por cada uno de estos, lo cual fue tomado para determinar en qué rango de edad se encuentran estas, y se determinó que el 14.87% de las fincas se encuentran en un rango de 0 a 5 años, el 44.4% se encuentra en un rango de 5 a 10, mientras un 37.03% de las fincas están en un rango de 10 a 15 años y solo un 3.7% se encuentra con edad mayor a 15 años (Fig. 8). Debería ordenarlo de mayor a menor, considerando el porcentaje

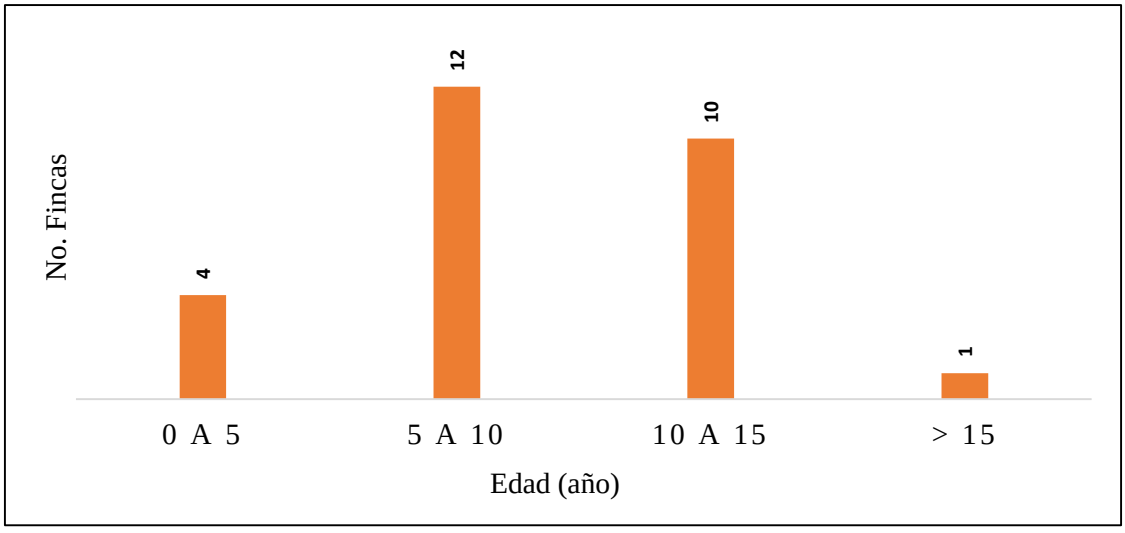


Figura 8. *Rangos de edad por finca.*

En la figura 9 se muestra el contenido de carbono en función del rango de edad de las fincas, la comparación se realizó para definir en qué rango de edad una finca con sombra captura mayor cantidad de carbono, cabe mencionar que la cantidad de carbono expresada en cada rango se debe al número de fincas tomado en cuenta cada rango de edad. Se nota que la fijación mayor está en la edad de la finca de 5 a 10 años, aunque también tiene que ver la cantidad de plantas y la densidad.

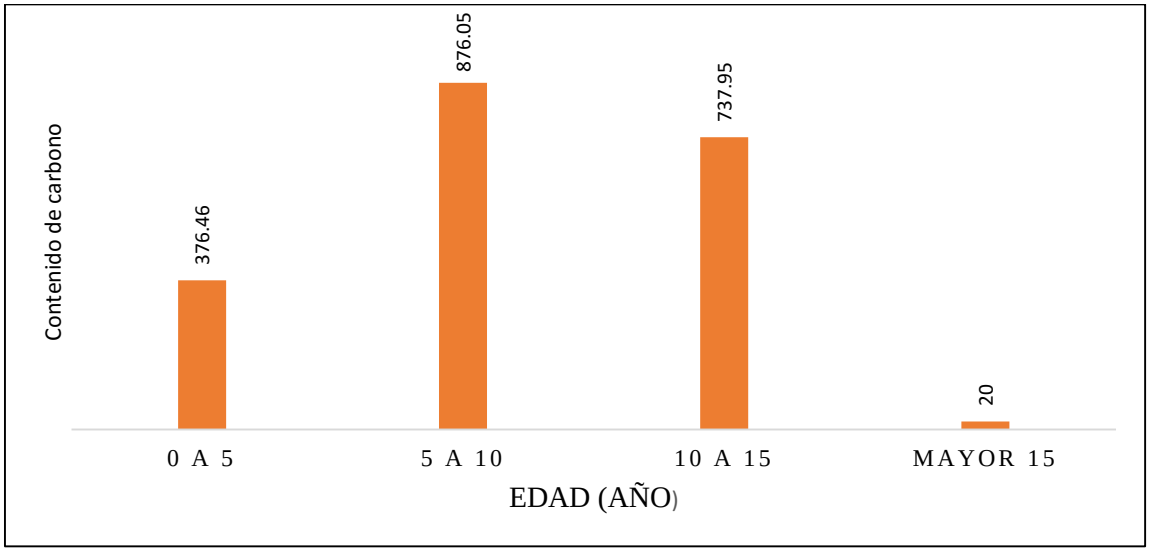


Figura 9. Contenido de carbono por edad de la finca.

5.8 Variedades de café encontradas en la investigación

Durante la investigación se consideró estudiar las variedades de café establecidas en 27 fincas, obteniendo como resultado que el 81.49% de las fincas poseen café de la variedad Lempira por la resistencia a la Roya; sin embargo la tendencia ahora es el cambio hacia Ovatá; mientras que la variedad de café Catimor representa el 11.11%, esto es porque la cáscara del fruto es muy gruesa y rinde menos el grano, y sólo un solo posee la variedad Ovatá con 7.4% (Figura 10).

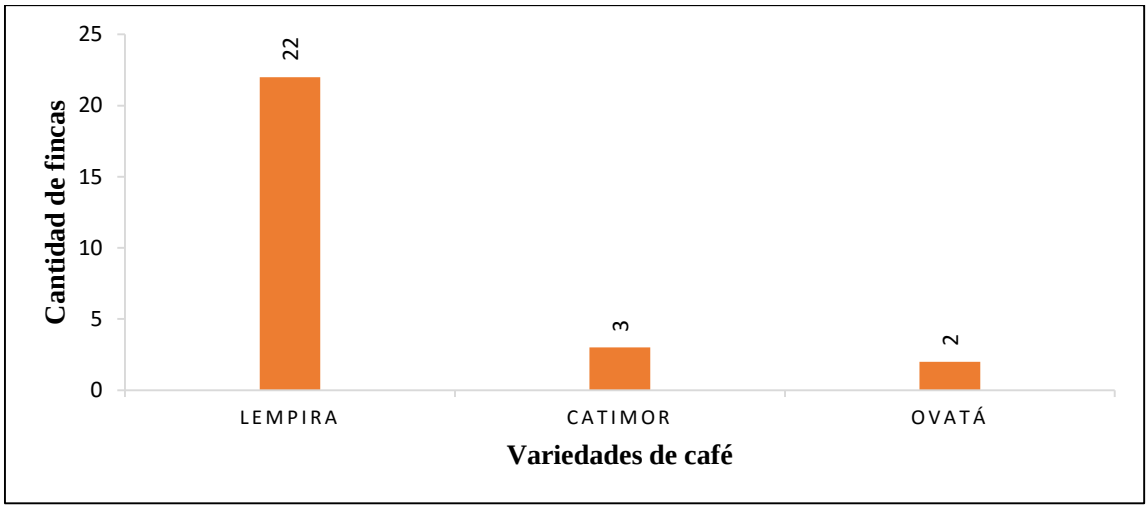


Figura 10. Cantidad de fincas por variedad de café.

5.9 Contenido de carbono almacenado por plantación de café

Se determinó el contenido de carbono almacenado en las plantaciones de café, el cual se representa por finca, obteniendo mayor resultado de almacenamiento de CO_2 la finca de Gálvez, con un contenido de 6.03 toneladas, lo cual fue evaluado en función del distanciamiento, tanto entre planta como entre hilera, y del perímetro el cual define el área total de la plantación la cual es de 6.8 ha. En el caso de la finca de Blanca Rosa solo posee un 0.52 toneladas de CO_2 debido a que solo pasee 0.7 ha de área.

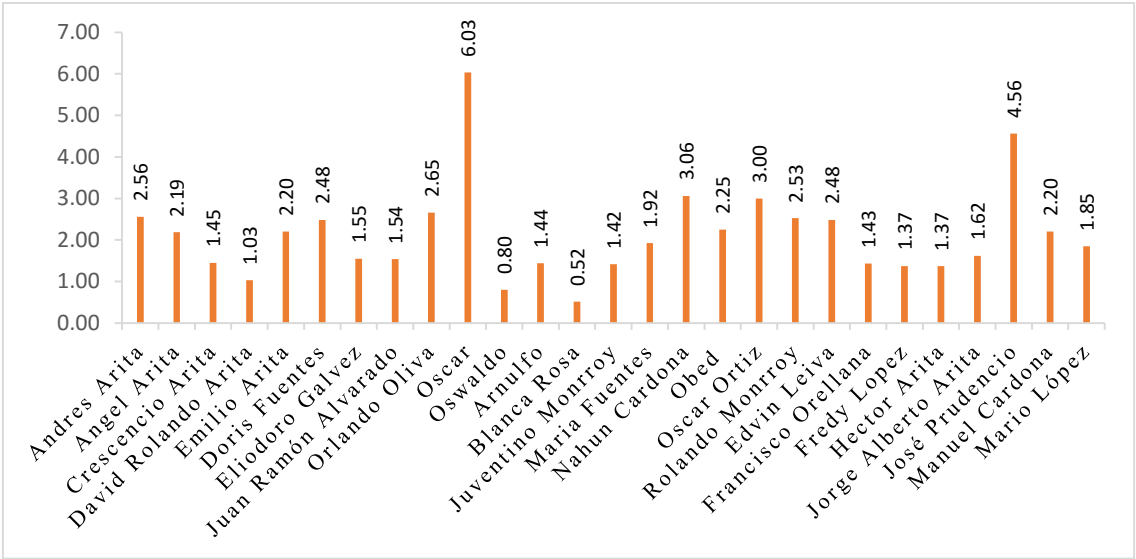


Figura 10. Contenido de carbono por individuo

VI. CONCLUSIONES

Según los datos obtenidos del estudio realizado en las fincas que conforman la cooperativa CAFEL, el incremento de captura de carbono no marcha en función del área de una plantación, si no que va de acuerdo al tipo de especies que conformen el sistema agroforestal, en determinadas ocasiones la sombra asociada al cultivo.

De acuerdo a la recolección de datos que se obtuvieron en el campo, entre las especies asociadas a las fincas de café hubo dos que sobresalieron en la fijación de carbono, las cuales fueron la *Inga y Gliricidia*, ya que mostraron un rápido crecimiento en función de la edad.

De las especies de sombra identificadas en las fincas de café se determinó el contenido de carbono en función del total de biomasa, en la cual el pino y el liquidámbar mostraron mayor contenido de CO2 en función de la edad, debido a que su crecimiento es mas lento que las demás especies y su período de vida más largo.

VII. RECOMENDACIONES

Brindar manejo silvicultural en el sistema agroforestal lo cual le brindará muchos beneficios a las especies de sombra, y esto contribuye al incremento del contenido de biomasa, por lo cual también se produce un incremento al almacenamiento de carbono y mejora el ambiente para una prolongación en el período de vida de la plantación de café.

Fortalecer el conocimiento de los productores de café, atraves de asistencia técnica para lograr mejor resultado en la captura de carbono, lo cual contribuye a una producción que minimiza el porcentaje de contaminación y esto le podría generar a la cooperativa mayor producción y una mejor calidad de su producto.

Optar por el uso de la especie *Inga*, (Guama, pepeto y guanigiquil) ya que estas especies en un sistema agroforestal absorbe mayor cantidad de dióxido de carbono debido a su rápido crecimiento y desarrollo, y es agradable el ambiente que genera para el cultivo al que se encuentra asociado.

VIII. BIBLIOGRAFÍA

Benavides Ballesteros, HO; León Aristizabal, GE. 2007. Información técnica sobre Gases de Efecto Invernadero y el cambio climático. (en línea). Ideam :1-102. DOI: https://doi.org/IDEAM–METEO/008-2007.

Callo-Concha, D; Rajagophal-B, I; Krishnamurthy, L. 2004. Secuestro de carbono por sistemas agroforestales en Veracruz. Ciencia UANL 7(2):60-65.

Canet, R; Pérez-Piqueres, A. 2017. Mitigación y adaptación al cambio climático en la agricultura y la ganadería. :1-22.

Elliot, J. 2014. Experiencias de mitigación y adaptación con sistemas agroforestales. Apuntes de investigación 1:1-15.

Emilio, S; Ot, J. 2015. Estimación de la emisión y fijación de gases efecto invernadero en la producción de café en el departamento de Antioquia. .

Espinoza-Domínguez, W; Krishnamurthy, L; Vázquez-Alarcón, A; Torres- Rivera, A. 2012. Almacén De Carbono En Sistemas Agroforestales Con Café. Revistas Chapingo Seria Ciencias Forestales y del Ambiente XVIII(1):57-70. DOI: https://doi.org/10.5154/r.rchscfa.2011.04.030.

FHIA; Unión Europea. 2004. Guía práctica: Producción de café con sombra de maderables. :24.

Forestal, S. s. f. Recomendaciones técnicas de las Medidas de Mitigación : Sector Forestal (USCUSS). .

Garcia, CAG; Gutierrez, & LFS. 2009. Identifique y prevenga los daños en cafetales por herbicidas. Programa de investigación científica_Fondo Nacional del Café (3).

Informativa, C; La, TDE; General, D. 2016. Comprometidos con el sector agrícola de Honduras. (1):1-16.

Isaza, C. 2014. Análisis de oportunidades para la gestión eficiente del carbono en un sistema de producción de café en el departamento de Caldas. :88.

Jezeer, R; Verweij, P. 2015. Café en sistemas Agroforestales. .

Jones, HP; Hole, DG; Zavaleta, ES. 2012. Climate Change (en línea). Nature Climate Change 2(7):504-509. DOI: https://doi.org/10.1038/nclimate1463.

Rica, C. 2012. Producción de madera y almacenamiento de carbono en cafetales con cedro (Cedrela odorata) y caoba (Swietenia macrophylla) en Honduras. .

Risaralda, D De; Milena, S; Agudelo, G; Elena, M; Vera, B. 2003. Efecto de la aplicación de glifosato en la flora y microflora asociada a arvenses en el cultivo de café (coffea arabiga L) en el Municipio de Santa Rosa de Cabal ,. :225-254.

Robinson, AB; Ph, D; Robinson, NE; Ph, D; Soon, W; Ph, D. 2016. Efectos Ambientales de los Incrementos Atmosféricos de Dióxido de Carbono (en línea). Instituto de Ciencia y Medicina de Oregon :1-22. Disponible en artr@oism.org.

Secretaría de Medio Ambiente y Resursos Naturales. 2014. Bloque 2 : Importancia de los bosques para la mitigación del cambio climático (en línea). . Disponible en https://www.conafor.gob.mx/micrositios/cambioclimatico/bloquedos/bloque2.

Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo., V; Etchevers Barra, JD; Paz Pellat, F; Alvarado Cárdenas, LO; Saynes Santillán, V; Etchevers Barra, JD; Paz Pellat, F; Alvarado Cárdenas, LO. 2016. Ii. Análisis De Estrategias De Manejo Sobre Las Emisiones De Gases De Efecto Invernadero Provenientes Del Suelo (en línea). Terra Latinoamericana 34(1):83-96. Disponible en http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0187-57792016000100083.

Valencia, UPDE. 2013. “ Evaluación De Crecimiento Inicial En Tres Especies Del Género Inga En Sistema Agroforestal ”. .

Vega, G; Ordoñez, C; Suarez, J; López, C. 2014. Almacenamiento de carbono en arreglos

agroforestales asociados con café (Coffea arabica) en el sur de Colombia. Investigación Agraria y ambiental 5(1):213-221. DOI: https://doi.org/10.22490/21456453.956.

Raynaud, D., J. Jouzel, J.M. Barnola, J. Chappellaz, R.J. Delmas & C. Lorius, 1993. *The ice core record of greenhouse gases*. Science, 259:926-934.

Callo-Concha, D; Rajagophal-B, I; Krishnamurthy, L. 2004. Secuestro de carbono por sistemas agroforestales en Veracruz (en línea). Ciencia UANL 7(2):60-65. Disponible en http://eprints.uanl.mx/1352/1/CARBONO.pdf.

Aristizabal-Hernandez, J; Guerra-Montanes, A; Gutierrez -Vanegas, B; Romero-Carrasca, M. 2002. Estimacion de la tasa de fijacion de carbono en el sistema agroforestal nogal cafetero (Cordia alliodora) – cacao (Theobroma cacao L) – platano (Musa paradisíaca) (en línea). Trabajo de grado para optar al titulo de Ingeniero Forestal :124. Disponible en c:%5CC&BBIBLIO%5C2251.pdf.

Emilio, S; Ot, J. 2015. Estimación de la emisión y fijación de gases efecto invernadero en la producción de café en el departamento de Antioquia. .

Gamarra Ramos, J. 2001. Estimación Del Contenido De Carbono En Plantaciones De Eucalyptus Globulus Labill, En Junin, Perú. Simposio Internacional Medición y Monitoreo de la Captura de Carbono en Ecosistemas Forestales :1-21.

ANEXOS

Anexo 1. *Cálculo para determinar contenido de carbono en café*

R	R	H	Vs	Contenido de carbono Kg
0.14	0.06	2.3	0.53	0.24
0.19	0.1	2.5	0.87	0.39
0.23	0.075	2.5	0.94	0.42
0.21	0.08	2.4	0.85	0.38
0.13	0.04	1.5	0.29	0.13
0.14	0.06	2.3	0.53	0.24
0.19	0.1	2.5	0.87	0.39
0.23	0.076	2.55	0.96	0.43
0.21	0.08	2.4	0.85	0.38
0.13	0.04	1.5	0.29	0.13
0.14	0.07	2.3	0.56	0.25
0.19	0.1	2.5	0.87	0.39
0.23	0.075	2.5	0.94	0.42
0.21	0.08	2.4	0.85	0.38
0.13	0.04	1.5	0.29	0.13
0.14	0.06	2.3	0.53	0.24
0.19	0.1	2.5	0.87	0.39
0.23	0.075	2.5	0.94	0.42
0.21	0.08	2.4	0.85	0.38
0.13	0.04	1.5	0.29	0.13
0.14	0.06	2.3	0.53	0.24
0.19	0.1	2.5	0.87	0.39
0.23	0.075	2.5	0.94	0.42
0.21	0.08	2.4	0.85	0.38
0.13	0.04	1.5	0.29	0.13
0.14	0.06	2.3	0.53	0.24
0.19	0.1	2.5	0.87	0.39
0.22	0.0765	2.5	0.91	0.41
0.21	0.08	2.4	0.85	0.38
0.13	0.04	1.5	0.29	0.13
0.14	0.06	2.3	0.53	0.24
0.19	0.1	2.5	0.87	0.39
0.23	0.075	2.5	0.94	0.42
0.21	0.08	2.4	0.85	0.38
0.13	0.04	1.5	0.29	0.13
0.14	0.06	2.3	0.53	0.24
0.19	0.1	2.5	0.87	0.39
0.23	0.075	2.5	0.94	0.42

0.21	0.08	2.4	0.85	0.38
0.13	0.04	1.5	0.29	0.13
0.14	0.06	2.3	0.53	0.24
0.19	0.1	2.5	0.87	0.39
0.23	0.075	2.5	0.94	0.42
0.21	0.08	2.4	0.85	0.38
0.13	0.04	1.5	0.29	0.13
0.14	0.06	2.3	0.53	0.24
0.19	0.1	2.5	0.87	0.39
0.23	0.075	2.5	0.94	0.42
0.21	0.08	2.4	0.85	0.38
0.13	0.04	1.5	0.29	0.13
0.14	0.06	2.3	0.53	0.24
0.19	0.1	2.5	0.87	0.39
0.23	0.075	2.5	0.94	0.42
0.21	0.08	2.4	0.85	0.38
0.13	0.04	1.5	0.29	0.13
0.14	0.06	2.3	0.53	0.24
0.19	0.1	2.5	0.87	0.39
0.23	0.075	2.5	0.94	0.42
0.21	0.08	2.4	0.85	0.38
0.13	0.04	1.5	0.29	0.13
0.14	0.06	2.3	0.53	0.24
0.19	0.1	2.5	0.87	0.39
0.23	0.075	2.5	0.94	0.42
0.21	0.08	2.4	0.85	0.38
0.13	0.04	1.5	0.29	0.13
0.14	0.06	2.3	0.53	0.24
0.19	0.1	2.5	0.87	0.39
0.23	0.075	2.5	0.94	0.42
0.21	0.08	2.4	0.85	0.38
0.13	0.04	1.5	0.29	0.13
0.14	0.06	2.3	0.53	0.24
0.19	0.1	2.5	0.87	0.39
0.23	0.075	2.5	0.94	0.42
0.21	0.08	2.4	0.85	0.38
0.13	0.04	1.5	0.29	0.13
0.14	0.06	2.3	0.53	0.24
0.19	0.1	2.5	0.87	0.39
0.23	0.075	2.5	0.94	0.42
0.21	0.08	2.4	0.85	0.38
0.13	0.04	1.5	0.29	0.13
0.14	0.06	2.3	0.53	0.24
0.19	0.1	2.5	0.87	0.39
0.23	0.075	2.5	0.94	0.42
0.21	0.08	2.4	0.85	0.38
0.13	0.04	1.5	0.29	0.13
0.14	0.06	2.3	0.53	0.24
0.19	0.1	2.5	0.87	0.39
0.23	0.075	2.5	0.94	0.42
0.21	0.08	2.4	0.85	0.38
0.13	0.04	1.5	0.29	0.13
0.14	0.06	2.3	0.53	0.24
0.19	0.1	2.5	0.87	0.39
0.23	0.075	2.5	0.94	0.42

0.21	0.08	2.4	0.85	0.38
0.13	0.04	1.5	0.29	0.13
0.14	0.06	2.3	0.53	0.24
0.19	0.1	2.5	0.87	0.39
0.23	0.075	2.5	0.94	0.42
0.21	0.08	2.4	0.85	0.38
0.13	0.04	1.5	0.29	0.13
0.14	0.06	2.3	0.53	0.24
0.19	0.1	2.5	0.87	0.39

Anexo 2. *Cálculo para definir contenido de carbono en especies Latifoliadas*

No	Especie	DAP (cm)	Constante	Constante ^	BA	Contenido de carbono
1	Madreado	28	0.1184	2.53	542.83	244.27
2	Madreado	20	0.1184	2.53	231.72	104.27
3	Cedro	25	0.1184	2.53	407.51	183.38
4	Guayaba	18.5	0.1184	2.53	190.24	85.61
5	Guayaba	22	0.1184	2.53	294.90	132.71
6	Madreado	26.5	0.1184	2.53	472.24	212.51
7	Madreado	26	0.1184	2.53	450.02	202.51
8	Madreado	25	0.1184	2.53	407.51	183.38
9	Cedro	22	0.1184	2.53	294.90	132.71
10	Madreado	21	0.1184	2.53	262.16	117.97
11	Madreado	20	0.1184	2.53	231.72	104.27
12	Madreado	18	0.1184	2.53	177.50	79.87
13	Madreado	20	0.1184	2.53	231.72	104.27
14	Madreado	25	0.1184	2.53	407.51	183.38
15		12.2	0.1184	2.53	66.35	29.86
16	Madreado	20	0.1184	2.53	231.72	104.27
17	Madreado	18	0.1184	2.53	177.50	79.87
18	Madreado	10	0.1184	2.53	40.12	18.05
19	Palo negro	29	0.1184	2.53	593.22	266.95
20	Naranja	5	0.1184	2.53	6.95	3.13
21	Caulote	13	0.1184	2.53	77.92	35.06
22	Palo negro	23.5	0.1184	2.53	348.46	156.81
23	Palo negro	23	0.1184	2.53	330.01	148.50
24		12	0.1184	2.53	63.63	28.63
25	Surumuya	15	0.1184	2.53	111.91	50.36
26	Caimito	5	0.1184	2.53	6.95	3.13
27		12	0.1184	2.53	63.63	28.63
28	Madreado	10	0.1184	2.53	40.12	18.05
29	Pino	69	0.1184	2.53	5316.67	2392.50
30	Pino	39	0.1184	2.53	1255.29	564.88
31	Madreado	12.5	0.1184	2.53	70.56	31.75
32	Pino	35	0.1184	2.53	954.65	429.59
33	Madreado	14	0.1184	2.53	93.98	42.29
34	Madreado	22	0.1184	2.53	294.90	132.71
35		18	0.1184	2.53	177.50	79.87
36	Laurel	6	0.1184	2.53	11.02	4.96
37	Madreado	28	0.1184	2.53	542.83	244.27
38	Madreado	20	0.1184	2.53	231.72	104.27

39	Cedro	25	0.1184	2.53	407.51	183.38
40	Guayaba	18.5	0.1184	2.53	190.24	85.61
41	Guayaba	22	0.1184	2.53	294.90	132.71
42	Madreado	26.5	0.1184	2.53	472.24	212.51
43	Madreado	26	0.1184	2.53	450.02	202.51
44	Madreado	25	0.1184	2.53	407.51	183.38
45	Cedro	22	0.1184	2.53	294.90	132.71
46	Madreado	21	0.1184	2.53	262.16	117.97
47	Madreado	20	0.1184	2.53	231.72	104.27
48	Madreado	18	0.1184	2.53	177.50	79.87
49	Madreado	20	0.1184	2.53	231.72	104.27
50	Madreado	25	0.1184	2.53	407.51	183.38
51		12.2	0.1184	2.53	66.35	29.86
52	Madreado	15	0.1184	2.53	111.91	50.36
53	Madreado	12	0.1184	2.53	63.63	28.63
54	Madreado	9	0.1184	2.53	30.73	13.83
55	Palo negro	35	0.1184	2.53	954.65	429.59
56	Naranja	6	0.1184	2.53	11.02	4.96
57	Caulote	13	0.1184	2.53	77.92	35.06
58	Palo negro	22	0.1184	2.53	294.90	132.71
59	Madreado	23	0.1184	2.53	330.01	148.50
60	Madreado	20	0.1184	2.53	231.72	104.27
61	Surumumuya	15	0.1184	2.53	111.91	50.36
62	Caimito	18	0.1184	2.53	177.50	79.87
63	Caimito	20	0.1184	2.53	231.72	104.27
64	Madreado	10	0.1184	2.53	40.12	18.05
65	Pino	75	0.1184	2.53	6565.33	2954.40
66	Pino	72	0.1184	2.53	5921.11	2664.50
67	Madreado	12.5	0.1184	2.53	70.56	31.75
68	Pino	60	0.1184	2.53	3733.14	1679.91
69	Madreado	21	0.1184	2.53	262.16	117.97
70	Madreado	20	0.1184	2.53	231.72	104.27
71		25	0.1184	2.53	407.51	183.38
72	Laurel	5	0.1184	2.53	6.95	3.13
			Cm		39470.55	17761.75
Total			M		394.71	177.62

Anexo 3. *Especies encontradas en las fincas*

Nombre Común	Nombre cientifico	Número de individuos
Cortés	*tabebuia crhisanta*	10
Pito	*Eritrina berteroana*	1
Laurel	*Cordi alliodora*	20
Caoba	*Khaya spp*	60
Pino	*pinus spp*	23
Guanigiquil	*Inga spuria*	30
Otros		41
Pepeto	*inga spuria*	50
Zapote	*Pouteria sapota*	2
Guama	*Inga edulis*	70
Ind. Desnudo	*Bursera simaruba*	5
Guayaba	*Psidium guajava*	9
Cedro	*Cedrela odorata*	22
Macuelizo	*Tabebuia rosea*	2
Caulote	*Guazuma ulmifolia*	12
Aguacate	*Persea americana*	8
Aceituna	*Simarouba amara*	5
Naranjo	*Citrus X sinensis*	14
Liquidambar	*Liquidambar styraciflua*	5
Con	*Perimenium grande*	17
Palo negro	*Leptocarpha rivularis*	10
Madreado	*Gliricidia sepium*	238

FIGURAS

Figura 11. *Medición del distanciamiento entre plantas e hileras*

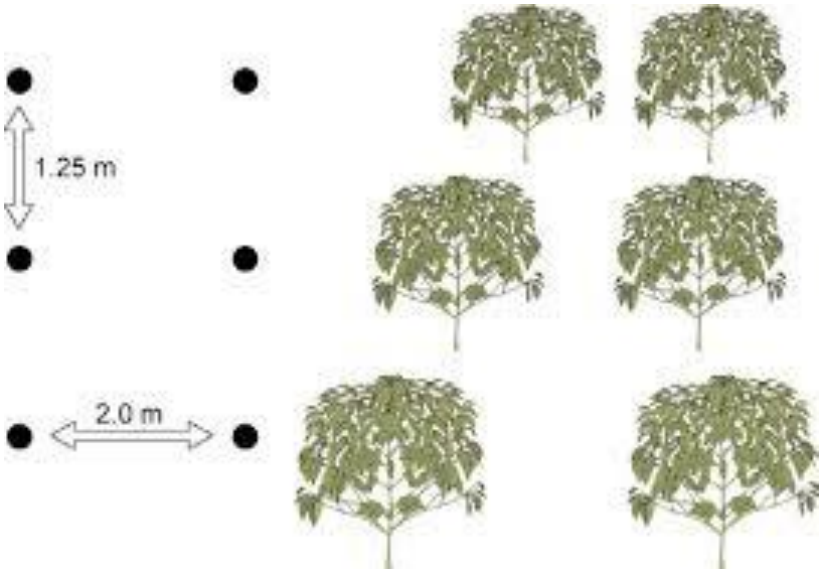


Figura 12.*Establecimiento de parcelas*

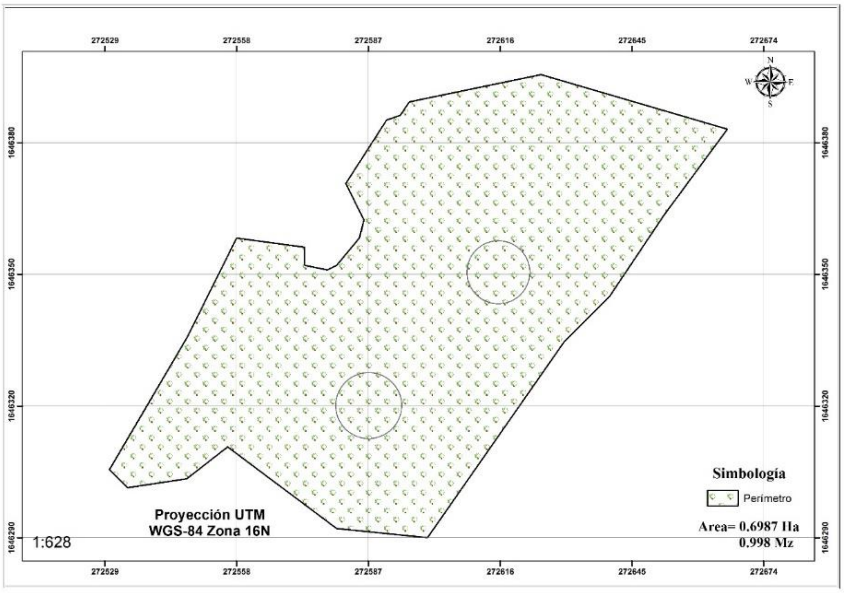


Figura 13. *Sistema agroforestal simultáneo*

